





CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES  
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS

Bulletin of the International  
Association of Scientific Hydrology

Bulletin de l'Association Internationale  
d'Hydrologie Scientifique

N° 17

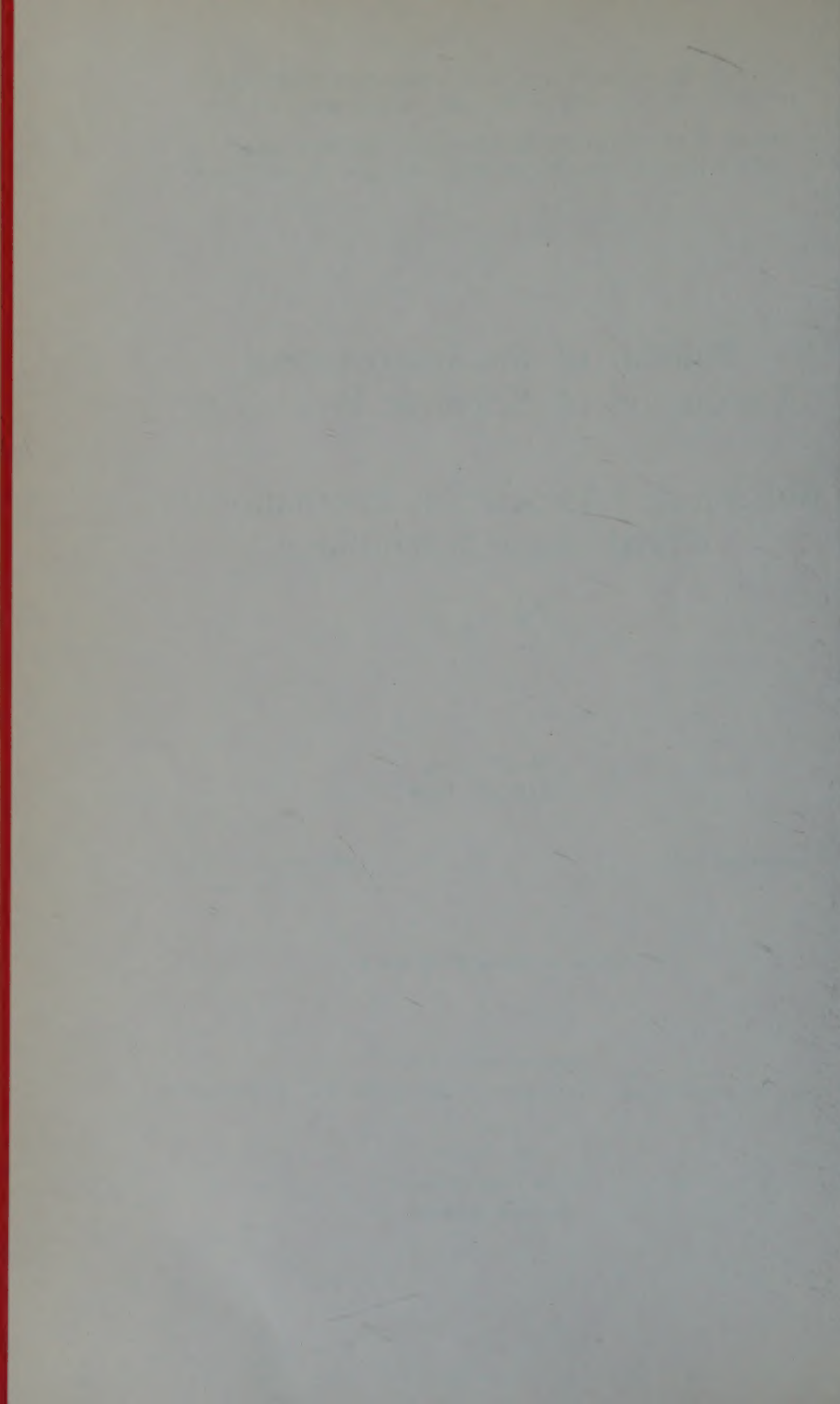
MARS 1960  
MARCH 1960

Abonnement : 150 f. b.

Subscription : 150 b. f.  
for one year

Bulletin paraissant 4 fois par an

Published on behalf of  
THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTIFIC HYDROLOGY  
by  
CEUTERICK  
66, RUE VITAL DECOSTER  
LOUVAIN (Belgium)





# LES PROPOS DU SECRETAIRE

## REMARKS AND NOTES BY THE SECRETARY

1. The secretary asked the representatives of the Association in the several member countries kindly to send him the papers for the Helsinki symposia before the 1st March, and at the very latest by the 1st April.

The representatives of the United States and of Great Britain are the only ones to have complied with this request.

The Secretary urges once again that the texts of the papers shall reach him by the 1st May.

2. The Arid Zones Section of UNESCO is arranging for a symposium in May next in Paris, at which its activities during the 10 years of its existence will be reviewed and the possibilities and methods of continuing its work will be studied.

There will be found in this bulletin some indications of the subject of this meeting.

3. As regards the Helsinki meeting, the Secretary has received the titles of nearly 100 papers. He is very pleased with this success, but at the same time wonders how he is going to find the money to print them all.

There is only one solution : each of you must bring himself to make the publications of the I.A.S.H. better known. It is true that during the last three years much has been achieved in this respect, but more remains to be done.

4. In the same train of thought, the Secretary asks you to obtain new subscriptions for, as well as more advertisements, for the bulletin. There again, an effort has already been made, but it has to be maintained.

1. Le Secrétaire avait demandé aux représentants de l'Association dans les divers pays de bien vouloir lui envoyer les communications pour les Symposia d'Helsinki avant le 1<sup>er</sup> mars, avec extrême limite le 1<sup>er</sup> avril.

Seuls les représentants des Etats-Unis et de Grande-Bretagne ont satisfait à cette demande.

Le Secrétaire insiste encore une fois pour que tous les textes des communications lui parviennent avant le 1<sup>er</sup> mai.

2. La Section des Zones Arides de l'UNESCO organise en mai prochain à Paris un symposium où sera rappelée son activité au cours de ses dix années d'existence et où seront étudiées les possibilités et modalités de la continuation de son action.

On trouvera dans ce bulletin quelques indications au sujet de cette réunion.

3. Au sujet de la réunion d'Helsinki, le Secrétaire a reçu près de 300 titres de communications. Il se réjouit de ce succès... mais il se demande en même temps où il va trouver l'argent pour tout imprimer.

Il n'y a qu'une solution : chacun de vous doit s'efforcer de faire mieux connaître les publications de l'I.A.H.S. Depuis trois ans, il est certain qu'un effort considérable a été fait à cet effet, mais il reste encore à faire.

4. Dans le même ordre d'idées, le Secrétaire vous demande de recueillir de nouveaux abonnements et de la publicité pour votre bulletin. Là aussi, un effort a été fait, mais il faut le continuer.

5. The Secretary urges also that you send him articles to publish in the bulletin. The present issue offers you with much pleasure papers by two top-ranking hydrologists, Messrs. BLANEY and PARDE.

5. Le Secrétaire insiste aussi pour vous lui envoyez des études à publier dans son bulletin. Le présent numéro est heureux de vous offrir des communications de deux hydrologues de la première heure : Messieurs BLANCY et PARDE.

# PARTIE ADMINISTRATIVE

## A. — A. I. H. S. — I. A. S. H.

### 1. JOINT COMMISSION FOR THE STUDY OF THE MODERN MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST

I received from Mr BELOUSSEV, delegate of U.S.S.R. to the Council of the Union, the copy of the following letter :

The USSR National IUGG Committee at one its last meetings considered desirable the organization in the frame of the IUGG of a Joint Commission for the study of the modern movements of the Earth's crust.

Enclosed I am forwarding you a special note prepared by J. A. Mescheryakov, Secretary, Geodetic section of our Committee. We would much appreciate if it could be published in the IUGG Chronicle.

I am fully aware that our proposal is, probably, rather belated. I would, however, ask you to put it on the agenda of the Bureau, so that it could have been further discussed by the Council of the Union.

We are of the opinion that the organization of that Commission at the XII General Assembly shall be appropriate in connection with the Symposium on that subject, of which we have learnt only recently.

### 1. COMMISSION MIXTE POUR L'ÉTUDE DES MOUVEMENTS ACTUELS DE L'ÉCORCE TERRESTRE

J'ai reçu de Mr BELOUSSEV, délégué de l'U.R.S.S. au Conseil de l'Union, copie de la lettre suivante :

## ON THE ORGANISATION OF THE INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE STUDY OF MODERN MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST

Among the various geophysical processes the slow movements of the Earth's crust belong to phenomena earliest noticed by man. Systematic observations of the secular movements of the Earth's crust were first started in Scandinavia and have been maintained since for more than two centuries.

The study of the secular movements of the Earth's crust are carried out in many countries of the world. The works of the Scandinavian, Japanese and Netherlandish scientists are the most well-known. Serious interest is being given to the problem of the Earth's crust movements



in the U.S.A., England, France, Italy, Czechoslovakia, Poland, New Zealand and in a number of other countries. Much attention is paid to the problem in the Soviet Union.

Characteristic features of the modern stage in the study of the movements of the Earth's crust are: first, the attempts for the compilation of summarising maps of the modern movements of the Earth's crust gradually covering greater territories; second, the study of the deformation of the Earth's crust in connection with other processes going on in the interior and on the surface of the Earth—seismic phenomena, erosion, accumulation, bogging up, etc.

Highly accurate geodetic observations are successfully applied in these works (secondary levelling, triangulation), along with the tiltmeter observations, comparison of the old and new maps and other methods.

The more profound approach to the problem together with the broadening of the basic facts open aspects of great theoretical interest.

The data on the secular movements of the Earth's crust have significant practical use in carrying out of the main geodetic works, in the construction of large engineering sites, such as ports, docks, power stations, canals, pipelines and gas-mains. There is ground to suppose that the observations of slow movements of the Earth's crust can be used as a method to forecast quick and destructive seismic movements.

The experience of researches carried out in the Soviet Union indicates that the most productive way for the study of modern movements of the Earth's crust is the concentration of efforts of researchers in different fields of science. This cooperation not only affords thoroughly grounded results and involves application of different materials, it also leads to the revealment of completely new, sometimes unexpected, but interesting relationships.

It could be relied upon that the consolidation and coordination of researches of the modern movements of the Earth's crust on a world-wide scale provide for results of outstanding interest. At the modern stage of the study, for instance, the task could be undertaken to compile maps of modern tectonic movements covering the great territories of the continents.

At present, however, the international cooperation of scientists engaged in the analysis of modern tectonic movements is inadequate. The most appropriate center for the cooperation of scientists interested in this problem is the International Union of Geodesy and Geophysics, in the frame of which, on the proposal of Prof. Vening-Meinesz since 1954 a special Study Group has been organized for the investigation of the vertical and horizontal movements of the Earth's crust. This group, which constitutionally is within the Section of Levelling of the International Association of Geodesy, unites members of this Association and of the IASPEI. Headed by Prof. Baeschlin the group is undertaking interesting and valuable work; however, the volume and the tasks of this work do not fully meet the modern requirements of this field of science.

Systematic work directly dealing with the problem of the movements of the Earth's crust is being carried out with—in the International Association of Physical Oceanography. In 1954 this Association has published a summary of the results of level observations in all the countries of the world, containing extremely valuable material for the characteristic of the modern tectonic movements, which are closely connected with the problem of the mean sea levels determination successfully carried out by the International Association of Physical Oceanography.

Extensive observation materials of the movements of the Earth's crust has been collected in seismically active region by specialists from the International Association of Volcanology. The experience of the study in the Soviet Union and in other countries shows that in the study of the movements of the Earth's crust great help could be rendered by the analysis of observations carried out during many years of the rivers regime, of the changes in the level of underground waters, of the denudation and precipitation accumulation processes on land, which as a whole is in the competence of the International Association of Scientific Hydrology.

The reasons given above seem to be sufficient to feel the necessity of organizing with the IUGG a Joint Commission for the study of the movements of the Earth's crust. The Commission, founded on the basis of the existing special group of IAG, might better meet



the requirements of the IASPEI and invite cooperation of IAPO, IAV. IASH in the study of modern tectonics.

The organisation of the proposed commission shall encourage further extensive studies of the Earth's crust movements and with better determined aims. It would facilitate the coordination of the elaboration and improvement of the study method of modern deformations of the Earth's surface. Moreover, it will provide for wide discussions of the obtained results and for their publication. These tasks being in good agreement with the general policy of the IUGG shall undoubtedly give support to further development and intercorrelation of geophysical and geodetic researches.

J.A. MESCHERYAKOV

Secretary, Geodetic Section, National  
IUGG Committee of the USSR

## B. — U. N. E. S. C. O.

### PROJET MAJEUR RELATIF AUX RECHERCHES SCIENTIFIQUES SUR LES TERRES ARIDES

#### NOTE D'INFORMATION CONCERNANT LE COLLOQUE GÉNÉRAL SUR LES PROBLEMES DE LA ZONE ARIDE

*Paris, mai 1960*

Depuis un certain nombre d'années, l'Unesco stimule et encourage les recherches sur les problèmes scientifiques relatifs aux terres arides, lesquelles occupent environ le tiers de la surface de la terre; ces recherches ont pris une importance croissante, parce que l'on a de plus en plus conscience de l'augmentation inquiétante de la population mondiale et de la nécessité de compléter la production actuelle d'aliments et d'autres denrées par la mise en valeur des régions arides.

En 1951, l'Unesco a reçu pour tâche d'encourager les recherches dans les régions arides — expression englobant également, en l'occurrence, les terres semi-arides — et cette entreprise a donné des résultats d'un intérêt et d'une utilité tels qu'elle a été promue au rang de Projet majeur en 1957; des crédits plus importants ont alors été affectés à ce projet, en particulier pour son application à la zone aride qui traverse l'Afrique du Nord, du Maroc à l'Égypte, pour s'étendre ensuite jusqu'au Pakistan et à l'Inde, à travers le Moyen-Orient. Après 8 années d'activités consacrées aux multiples aspects des recherches sur la zone aride, dont 3 ans d'exécution du Projet majeur, il est maintenant proposé de réunir, en 1960, un colloque de portée générale sur les résultats des recherches. Ce premier grand recensement des résultats obtenus servira tant à prévenir des chevauchements possibles qu'à indiquer des directions nouvelles dans lesquelles un travail utile pourrait être entrepris.

Il faut aussi — ce n'est pas moins important — procéder à une évaluation générale du programme de l'Unesco relatif à la zone aride. Puisque, selon les plans actuels, l'exécution du Projet majeur doit s'achever à la fin de 1962, cette évaluation du programme, ainsi qu'un

examen d'ensemble de la situation, doivent avoir lieu le plus tôt possible, afin que les mesures requises puissent être prises en temps utile pour permettre la poursuite de l'action internationale en matière de recherches sur la zone aride après 1962. En 1958, lors de sa dixième session, la Conférence générale de l'Unesco a clairement reconnu l'importance de ce problème, lorsqu'elle a approuvé la réunion du colloque envisagé et en a défini le principal objet, au paragraphe de la résolution 2.71, qui charge le Directeur général de présenter à la Conférence générale lors de sa onzième session (qui doit avoir lieu à Paris en novembre 1960) « un rapport sur les résultats obtenus dans le cadre du Projet majeur relatif aux recherches scientifiques sur les terres arides, et des recommandations touchant l'orientation future du dit projet, ce rapport et ces recommandations touchant l'orientation future du dit projet, ce rapport et ces recommandations étant fondés sur les travaux et les recommandations d'un colloque de portée générale organisé en 1960 ».

Ce colloque se tiendra, à Paris, à la Maison de l'Unesco, du 12 au 18 mai 1960. Les formalités d'inscription des participants et la cérémonie d'ouverture auront lieu dans l'après-midi du 11 mai.

Lors de la session qu'il a tenue à Madrid, en septembre 1959, le Comité consultatif des recherches sur la zone aride s'est occupé du programme et des modalités d'organisation du colloque. Afin que celui-ci réponde pleinement à son objet, qui est d'étudier l'état actuel des recherches sur la zone aride et les perspectives qui s'ouvrent dans ce domaine, ainsi que l'avenir du Projet majeur, le Comité a recommandé que les travaux du colloque soient divisés en quatre parties :

(i) Evaluation critique de la situation actuelle et de l'avenir des diverses disciplines impliquées (5 séances).

(ii) Etude de l'activité déployée par l'Unesco pour encourager les recherches sur la zone aride et la formation du personnel nécessaire, et étude de rapports sur les activités connexes exercées par des organisations internationales gouvernementales et non gouvernementales, ainsi que de rapports présentés par les Etats membres de la zone d'application du Projet majeur (2 séances).

(iii) Etude de certains problèmes illustrant les difficultés qu'offre l'exploitation pratique des connaissances théoriques en vue de la mise en valeur de la zone aride (3 séances).

(iv) Etude des perspectives qui s'offrent sur le plan international et national en matière d'activités concernant les recherches sur la zone aride, la formation du personnel nécessaire et la mise en valeur de cette zone (une séance).

En vue de la première partie du colloque, le Comité a recommandé que des spécialistes soient chargés, sous contrat, de rédiger des rapports décrivant l'état actuel des connaissances et les perspectives d'avenir dans les domaines scientifiques ci-après, dont la plupart ont fait l'objet de colloques ou de comptes rendus de recherches dans le cadre du programme de l'Unesco relatif à la zone aride, en fournissant au besoin des indications sur les données de base dont on dispose :

(i) Hydrologie des eaux superficielles (y compris la sédimentation);

(ii) Géologie, géomorphologie et hydrologie des eaux souterraines;

(iii) Climatologie (y compris l'hydrométéorologie, notamment en vue de l'action sur les conditions atmosphériques);

(iv) Microclimatologie;

(v) Pédologie (y compris la conservation des sols);

(vi) Problèmes phytologiques et pédologiques relatifs à la salinité;

(vii) Physiologie végétale;

(viii) Ecologie végétale;

(ix) Physiologie et écologie humaines et animales (y compris les problèmes de population);

(x) Sources locales d'énergie;

(xi) Traitement des eaux salines.



Afin que les rapports soient rédigés dans les meilleures conditions possibles, il a été proposé que les auteurs soient invités à prendre l'avis d'hommes de science appartenant à différents pays et spécialisés dans divers domaines.

En ce qui concerne la deuxième partie du colloque, le Comité consultatif de recherches sur la zone aride a organisé, depuis un certain temps, des colloques annuels consacrés à l'étude des principaux problèmes ou groupes de problèmes qui intéressent la zone aride, par exemple :

Hydrologie (Ankara, 1952)

Ecologie végétale (Montpellier, 1953)

Energie solaire et éolienne (New Delhi, 1954)

Climatologie et microclimatologie (Canberra, 1956)

Erosion par le vent et par l'eau (Karachi, 1957)

Problèmes de la salinité dans les régions arides (Téhéran, 1958)

Echanges hydriques des plantes (Madrid, 1959)

En outre, il a été dressé des bilans de l'état actuel des recherches se rapportant aux domaines ci-dessus et à d'autres sujets, tels que la physiologie humaine et animale, les plantes médicinales de la zone aride, etc. Une assistance financière et technique a été octroyée à plusieurs instituts de recherche situés dans la zone aride, par exemple en Egypte, en Israël, en Inde et au Pakistan, et une grande attention a été accordée à l'organisation de cours de formation en matière d'hydrologie, d'écologie végétale, de microclimatologie, etc., à l'intention du personnel scientifique des pays de la zone aride, ainsi qu'à l'attribution de bourses de perfectionnement dans ces disciplines. En conséquence, le Comité a demandé au Secrétariat de rédiger, au sujet de ces activités et, en général, de toutes celles qui ont été entreprises dans le cadre du Projet majeur et du programme antérieur relatif à la zone aride, un rapport de synthèse mettant en lumière les résultats obtenus et les difficultés rencontrées. Il a recommandé aussi que les organisations internationales — gouvernementales et non gouvernementales — s'intéressant aux recherches sur la zone aride ou à la mise en valeur de cette zone soient invitées à présenter, pour le colloque, des rapports d'information sur leurs activités et sur leurs projets. Il a également recommandé que les Etats membres de la zone d'application du Projet majeur soient invités à présenter des rapports analogues, établis de préférence d'après un plan type.

L'expérience montre de plus en plus clairement qu'un large fossé tend à se creuser entre la masse croissante des connaissances scientifiques que l'on possède relativement aux problèmes des régions arides, et l'application de ces connaissances dans la vie quotidienne des pasteurs, agriculteurs et autres habitants des territoires intéressés. Aussi le Comité a-t-il recommandé que la troisième partie du colloque soit consacrée surtout aux difficultés soulevées par l'application pratique des connaissances, et que les participants abordent les thèmes suivants :

- (i) Le nomadisme dans ses rapports avec les ressources herbagères;
- (ii) Diverses manières d'utiliser des ressources en eau limitées;
- (iii) L'attitude de la population et le problème de l'éducation.

Le Comité a également recommandé que l'on fasse rédiger, sous contrat, à propos de chacune de ces questions, un certain nombre de mémoires concernant des situations typiques. La première question pourrait faire l'objet de quatre mémoires consacrés aux principes d'une exploitation rationnelle des pâturages (en collaboration avec la F.A.O.), et à des études analytiques des caractéristiques régionales respectives de l'Afrique du Nord-Ouest et du Sahara, des pays arabes du Proche-Orient et des régions montagneuses de l'Asie du Sud-Ouest. Pour illustrer la deuxième question, quatre mémoires pourraient traiter de solutions typiques adoptées en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, aux Etats-Unis d'Amérique et en U.R.S.S.; ces études seraient complétées, si possible, par une synthèse élaborée en collaboration avec le Centre de développement des ressources hydrauliques (Organisation des Nations Unies). En vue de l'étude de la troisième question, on pourrait faire rédiger des rapports sur les problèmes relatifs



au développement de l'irrigation (Pakistan), du dry-farming (Israël) et de l'exploitation des ressources minérales (Sahara), ainsi que des exposés sur la vulgarisation agricole dans la zone aride (en coopération avec la F.A.O.) et sur les problèmes de santé que pose la mise en valeur de la zone aride (en coopération avec l'O.M.S.).

Au cours de la dernière partie du colloque, les débats seront fondés sur les discussions antérieures, ainsi que sur un document élaboré par le Secrétariat.

Les propositions et observations formulées au cours du colloque seront examinées par le Comité consultatif lors d'une session récapitulative spéciale, qui aura lieu immédiatement après le colloque, et les organes directeurs de l'Unesco en tiendront compte lorsqu'ils étudieront l'avenir des recherches relatives à la zone aride.

Le Comité a enfin recommandé qu'à l'occasion de ce colloque, les Etats membres et les organisations internationales soient invités à fournir de la documentation sur leurs programmes et leurs réalisations en matière de recherches sur la zone aride et de mise en valeur de cette zone, et que le Secrétariat organise une exposition en vue de présenter ladite documentation.

Les séances du colloque seront essentiellement consacrées à une libre discussion de mémoires et rapports susmentionnés, qui auront été distribués à l'avance aux participants. En principe, aucun autre document ne doit être présenté ou discuté. Les participants comprendront, outre les membres du Comité consultatif et les représentants des Institutions des Nations Unies et des organisations scientifiques internationales intéressées, un certain nombre d'hommes de science invités par l'Unesco, des hommes de science envoyés par les Etats membres qui s'intéressent aux problèmes de la zone aride, ainsi que des spécialistes participant au colloque à leurs propres frais ou aux frais des institutions auxquelles ils appartiennent. On peut espérer, dans ces conditions, que toutes les organisations scientifiques de premier plan qui s'intéressent aux problèmes de la zone aride, seront bien représentées au colloque.

## COLLOQUE GÉNÉRAL DE 1960

Il est proposé que les séances prévues soient réparties de la façon suivante :

Mercredi 11 mai, après-midi

Cérémonie d'ouverture et inscription des participants

Jeudi 12 mai,

1. matin  
2. après-midi

Vendredi 13 mai

3. matin  
4. après-midi

Samedi 14 mai,

5. matin

I. Rapports présentés par des spécialistes sur l'état des connaissances dans les disciplines scientifiques intéressées et sur les perspectives qui s'offrent à ces disciplines.

Lundi 16 mai,

6. matin  
7. après-midi

II. Rapports de l'Unesco, des institutions des Nations Unies, des Etats membres et des organisations scientifiques non gouvernementales.

Mardi 17 mai,	8. matin 9. après-midi	III. Problèmes socio-économiques relatifs à la mise en valeur de la zone aride.	(i) Le nomadisme dans ses rapports avec les ressources herbagères.
Mercredi 18 mai,	10. matin		(ii) Diverses manières d'utiliser des ressources en eau limitées.
			(iii) L'attitude de la population et le problème de l'éducation.
Mercredi 18 mai,	11. après-midi	IV. Examen de recommandations concernant l'avenir des recherches sur la zone aride.	

## C. — W. M. O. — O. M. M.

### ECAFE AND WMO

### INTER-REGIONAL SEMINAR ON HYDROLOGIC NETWORKS AND METHODS

REPORT OF THE SEMINAR  
14-27 JULY 1957  
BANGKOK

#### INTRODUCTION

1. Knowledge of the occurrence, quantity and quality of natural resources is indispensable for their successful exploitation. This applies equally to the utilization and control of water. Hydrologic data are the fundamental basis for the design of all types of water resources development projects. Adequate and long range hydrologic data are essential in the planning of water resources development schemes, the design of hydraulic structures, and in the tests to determine the economy and safety of hydraulic projects. Lack of such data may lead to delay in embarking upon projects, under-designing, wasteful over-designing and inefficient operation.

2. Hydrologic phenomena such as precipitation, runoff, infiltration, etc., are governed by numerous complex inter-acting factors such as climate, topography, geology, vegetation and others which impart to each river its individual characteristics. At the present time it is not possible to provide accurate forecasts of all these hydrologic phenomena and particularly

of run-off. To meet the needs of engineers statistical methods are necessary. It is therefore important to determine what hydrologic data are being collected, what additional data are needed; what facilities are available, and what additional facilities are required for the collection of information; and finally, what arrangements in respect of hydrologic observation stations would yield the most dependable and useful data.

3. In view of the importance of hydrology, the second Regional Technical Conference on Water Resources Development held in Tokyo in May 1954 discussed at length hydrologic problems related to the use and control of water. The Conference recognized that adequate accurate and long-range hydrologic data were fundamental in the planning of water resource projects, design of structures and performance of hydraulic model investigations, and requested the secretariat of the Economic Commission for Asia and the Far East (ECAFE) to carry out studies with a view to determining the major deficiencies of hydrologic data in the region. This recommendation was approved by the Commission at its twelfth session in April 1955.

4. In August 1954, the Economic and Social Council adopted a resolution<sup>(1)</sup> on international co-operation with respect to water resources development in which it recommended that governments and appropriate United Nations organizations should give particular attention to the assembly of hydrologic data. In another resolution<sup>(2)</sup> on international co-operation with respect to water resources development, the Economic and Social Council urged that high priority be given to remedying deficiencies in hydrologic data, and requested the Secretary-General of the United Nations to initiate, in co-operation with the competent specialized agencies and with the governments concerned, a preliminary inquiry on existing hydrologic service plans for their extension and conditions for the execution of these plans.

5. In compliance with the request of the second Regional Technical Conference on Water Resources Development and the recommendation of the Economic and Social Council, the secretariats of ECAFE and the World Meteorological Organization (WMO) decided early in 1955 to undertake a joint study on the deficiencies in hydrologic data in Asia and the Far East region. Subsequently a working group of experts on hydrologic data was convened in Bangkok in September 1955 under the joint auspices of the two organizations, to consider the problems created by such deficiencies in the region. Following that, a background paper prepared jointly by the secretariats of ECAFE and WMO entitled «Major deficiencies in hydrologic data» was subjected for discussion at the third Regional Technical Conference on Water Resources Development held in Manila in December 1957. With a view to keeping under review the efforts of governments to improve hydrologic networks, the Conference proposed that one or more joint seminars be held by ECAFE and WMO. The proposal was endorsed by the Commission at its fourteenth session held in Kuala Lumpur in March 1958.

6. The WMO Panel on Water Resources Development, at their meeting in the WMO secretariat at Geneva in March 1958, discussed the plans for holding a joint ECAFE/WMO seminar in 1959 and WMO included in its programme for 1959 an Inter-regional Seminar on Hydrologic Networks and Methods. This project has received support and assistance from the United Nations Expanded Programme of Technical Assistance.

7. Accordingly, this Interregional Seminar on Hydrologic Networks and Methods was organized jointly by the ECAFE and WMO from 14 to 27 July 1959. The Government of Thailand agreed to be host to this Seminar.

<sup>(1)</sup> Resolution 533 (XVIII).

<sup>(2)</sup> Resolution 599 (XXI) dated 17 May 1956.



## *Attendance*

8. The Seminar was held at Sala Santitham, Bangkok, the ECAFE Headquarters. The following countries were represented :

Afghanistan	Indonesia
Australia	Japan
Cambodia	Korea
China	Laos
Federation of Malaya	Pakistan
France	Thailand
India	United Kingdom
	Viet-Nam.

The Federal Republic of Germany participated in a consultative capacity under ECOSOC Resolution 617 (XXII) dated 27 July 1956.

9. Observers from the United Nations Food and Agriculture Organization, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, world Health Organization, International Commission for Irrigation and Drainage, International Union for Geodesy and Geophysics, Permanent International Association of Navigation Congresses and World Power Conference also attended. The list of participants appears as appendix 1.

## *THE SEMINAR*

10. To conduct the Seminar, the following were designated as officers :

### *Director*

Mom Luang Xujati Kambhu, Director-General  
Royal Thai Irrigation Department  
Bangkok

### *Co-Directors*

Vice Admiral Charoon Vichayapai Bunnag, Director  
Meteorological Department  
Royal Thai Navy  
Bangkok

Dr. Shen-Yi, Chief  
Bureau of Flood Control and Water  
Resources Development, ECAFE

Mr. O.M. Ashford  
Chief, Investigation Section, WMO

### *Consultants*

Mr. Walter B. Langbein  
Hydraulic Engineer  
United States Geological Survey  
Washington, D.C.  
U.S.A.

Mr. G.P. Kalinin  
Hydrometeorological Service  
Moscow  
Soviet Union

### *Subjects*

11. In accordance with the suggestions of the third Regional Technical Conference on Water Resources Development, the subjects discussed at the Seminar fell broadly under the headings of «Design of basic networks» and «Hydrologic methods to be used in the absence of adequate basic data».

Within this general framework, specific questions were dealt with, such as :

Adequacy of existing hydrologic data networks, methods of network design, tests of network effectiveness.

Estimation of available water, including maximum and minimum flow, the frequency and magnitude of floods and droughts.

Computation of the extreme values of precipitation.

Quantitative forecasts of precipitation.

### *Working methods*

12. The Seminar comprised a series of six lectures each by Mr. G.P. Kalinin<sup>(1)</sup> and Mr. Walter B. Langbein on the subjects listed above. Each lecture was followed by a discussion and was subsequently illustrated by practical exercises for which participants were given specific problems to work on, applying the methods described by the lectures<sup>(2)</sup>. For the main lectures and discussions, participants met as one group, but for the practical exercises they were divided into two groups in order that the lectures could enter more closely into the work and the specific problems of individual countries or areas. During the two concluding days, an opportunity was given for participants to read papers about their own work. Discussions were also held about the plans of participants for putting into practice the knowledge they acquired during the Seminar. In order to facilitate the discussion of papers presented by the participants, the papers were arranged in six groups. Each group of papers was discussed at a session which was presided over by one of the participants. The following were the chairmen for such sessions:

- (1) Mr. H.T. Ashton (Australia)
- (2) Mr. Fam Seng Lin (Federation of Malaya)
- (3) Commander Charoen Vadhanapanich (Thailand)
- (4) Mr. R. Berthelot (France)
- (5) Mr. W.U. Khan (Pakistan)
- (6) Mr. H. Schildknecht (FAO).

The Seminar programme was reviewed daily by a Steering Committee, consisting of the Director, the Co-Directors, the consultants and a representative of the participants, Mr. P.R. Ahuja (India).

13. At the end of the Seminar, there was a study tour of major water resources development projects and important hydrologic stations in Thailand.

<sup>(1)</sup> Mr Kalinin replaced Mr. Aleksandr Vazhnov of the USSR Hydrometeorological Service who was suddenly taken ill and hence could not fulfil his engagement as consultant to deliver lectures at the Seminar. Notes of Mr Vazhnov's lectures distributed before the Seminar were made use of by Mr Kalinin and form a part of the latter's lectures.

<sup>(2)</sup> The lectures and the practical exercises will be published in the printed report which will be issued later on.

## *Summary of proceedings*

14. The Seminar was inaugurated on the morning of 14 July 1959 by Mr. Swasdi Mahaphol, the Minister for Agriculture, Government of Thailand, in the presence of a number of distinguished guests. The Prime Minister of Thailand sent a message of welcome which was read by the Director of the Seminar. The Acting Executive Secretary made a statement to the Seminar. The representative of WMO delivered a statement on behalf of the Secretary General of WMO. The Regional Representative of the United Nations Technical Assistance Board and the Director of the Seminar also made statements at the opening ceremony. A vote of thanks to the Government of Thailand was passed by the Seminar.

15. The first working session of the Seminar was held on the afternoon of 14 July, when introductory lectures were delivered by Mr. Langbein and Mr. Kalinin. These were followed during the next six working days by a series of lectures and practical exercises, the main contents of which are summarized below.

16. Two objectives dominated the course of work given by Mr. Langbein—first and foremost, to explain the guiding principles and techniques useful in extending scanty data or bridging ever-present gaps or deficiencies in available hydrologic information. The second objective was to illustrate by the use of practical exercises how the basic techniques could be applied to the solution of problems or to overcome deficiencies in data.

17. The series of lectures and exercises adhered quite closely to the scope if not the details of the notes by Mr. Langbein distributed well in advance to each member of the Seminar and with each was presumed to be familiar.

18. The course started with a general introduction to the problems involved in the collection of basic data and to some of the notions of network design. The basic idea introduced here was that a network of hydrologic observations, intended for efficient water development, must itself be efficiently designed, i.e. designed to gain the most information for the available funds and manpower. The lectures then took up the techniques that could be applied to the extension of available data—the construction of maps of annual rainfall in region of scanty data, the estimation of the annual yield of ungauged streams, the use of rainfall data for the extension of short-term records of stream flow, the estimation of flood discharges in regions of sparse records, and methods useful where records were scanty or short for estimating storage needed to supplement the line flow of streams. Since so many of the techniques of extending available data depended on an understanding of hydrology and the elements of statistics, the lectures included discussion of these subjects at appropriate points.

19. Each lecture was followed by a practice session where each participant carried out the computations that were necessary to solve a problem that served to illustrate the technique and clinch an understanding of it. In the construction of these exercises, preference was given to the use of data from countries in Southeast Asia, and the amount of arithmetic involved was kept strictly to a minimum.

20. The final practical session to round up the basic idea of Mr. Langbein's course of lectures was devoted to the solution of a network problem showing how, by application of some of the principles explained in the lectures, it was possible to design a network of stream-gauging stations so that the maximum number of streams could be gauged for the available funds.

21. Mr. Kalinin's lectures discussed the questions relating to the organization of records, methods of computation of an average discharge on the basis of measurements carried out



over a number of years and of the calculation of annual flow and maximum run-off in the absence of long term or with insufficient records.

22. Considerable attention was paid to the possibilities of applying the law of probability in the analysis of rainfall and discharge records. In the second half of the Seminar, consideration was given to basic methods of flood warning and flood forecasting where sufficient records were not available.

23. Attention was also paid to the possibility of forecasting water levels and run-off in rivers. There was a discussion of the various means of establishing a correlation between the volume and discharge of flood and the elements on which flood was dependent viz. magnitude and duration of rainfall, soil moisture etc.

24. Lectures were followed by practical exercises where theory was applied to cases of actual calculations. During these lectures and exercises, stress was laid on the need to take into account physical and geographical conditions existing in various countries while presenting the methods for calculation and forecast of discharges.

25. In the lectures and during the exercises that followed, interesting discussions of methods for forecasting and computing discharges took place. Methods of organizing hydrologic research in areas where this had not yet been done were also discussed.

26. The last two days of the Seminar were devoted to the presentation of papers by participants and to general discussion. A list of the papers is given in appendix 2. This was a valuable feature of the Seminar in that it highlighted the work being done in a large number of countries on questions closely related to the subjects dealt with during the earlier stages of the Seminar.

27. During the discussion which followed each paper, many interesting ideas were forthcoming, and it was hoped that these would prove to be of value in subsequent work on these questions.

28. During the final working session on the afternoon of 24 July, an attempt was made to evaluate the results of the Seminar and participants were invited to offer comments and criticisms which might be useful when planning any future Seminars.

29. The consensus was clearly that the Seminar had been a most valuable experience for all the participants, many of whom referred to the new knowledge they had acquired and to the ways they hoped to apply this knowledge in their own countries. It was unanimously agreed by the participants to recommend that, in view of the very useful purpose served by the Seminar, similar Seminars should be held every two years to cover specific subjects of hydrologic and hydrometeorological interest.

30. As regards the subjects of future Seminars, one proposal was that it would be very valuable to discuss field methods used in hydrology to make observations, to compute the required parameters, and to collect and analyse the data.

31. A further suggestion was that a demonstration project might be organized. For example, if a scheme for flood forecasting could be developed for the Mekong river, this could serve as a means for demonstrating to other countries how the latest techniques and methods could be applied in this part of the world.

32. A number of detailed suggestions were made with regard to the organization of the Seminar. These included a reminder of the importance of distributing the main lectures well

advance, each lecture being accompanied by one or more practical examples. A participant felt that there would be merit in holding any future Seminars in places where all the participants could be housed under one roof; this would facilitate and encourage informal discussions outside the official lecture periods.

33. The Seminar ended on the afternoon of 24 July 1959 with the formal closing speeches by the Seminar director and co-directors and by the Acting Executive Secretary of ECAFE. Mr. Mas Hatin Soedarma of Indonesia proposed a vote of thanks to the Thai Government, WMO, ECAFE and the Technical Assistance Board of the United Nations (TAB), on behalf of the participants. This was seconded by Mr. Toshio Takenouchi of Japan and adopted by the participants with acclamation.

34. From 25 to 27 July 1959, there was a study tour of major water resources development projects and of meteorological and hydrologic stations in Thailand. The itinerary is given in appendix 3.

## APPENDIX 1

### LIST OF PARTICIPANTS

#### AFGHANISTAN

Mr. Noor Mohamed, Deputy Director, Royal Afghan Meteorological Institute, Kabul

#### AUSTRALIA

Mr. H.T. Ashton, Superintending Meteorologist, Co-operative Studies Group, Commonwealth Bureau of Meteorology, Department of the Interior, Box 1289 K, G.P.O., Melbourne.

#### CAMBODIA

Mr. Khiou Bonthonn, Chef du Service Meteorologique du Cambodge, 162 Vithei Preah Ang Yukonthor, Phnom-Penh.

#### CHINA

Mr. Sin-Yu Shui, Chief of Planning Branch, Taiwan Water Conservancy Bureau, No 10 Alley 49, Lane 409, An-Tong Street, Taipei, Taiwan.

Mr. Hung-Hsi Liu, Senior Meteorologist, Taiwan Weather Bureau, 24 Lane 24, King Wen Street, Taipei, Taiwan.

#### FEDERATION OF MALAYA

Mr. Fam Seng Lin, Drainage and Irrigation Engineer, Drainage and Irrigation Department Headquarters, Kuala Lumpur.

## FRANCE

Mr. R. Berthelot, Maître de Recherche de l'Office de la Recherche Scientifique, E.D. 1 Rue Léon Cladel, Paris 2.

Mr. Henri Mounis, Hydrologic Expert, Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques, Avenue Léon Blum, Boîte Postale 145, Grenoble.

## INDIA

Mr. P.R. Ahuja, Chief Engineer Floods (Field Investigation), Central Water and Power Commission, Flood Wing, 4B Muthra Road, Jangpura, New Delhi.

## INDONESIA

Mr. Mas Hatim Soedarma, Chief, Forest Influences Division, Forest Research Institute, Ministry of Agriculture, Bogor.

## JAPAN

Mr. Toshio Takenouchi, Chief of Hydrology Section, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, 31 Tairamachi Meguro-Ku, Tokyo.

Mr. Yukio Kawabata, Chief, Observation Division, Japan Meteorological Agency, Ohta-Machi, Chiyoda-ku, Tokyo.

## KOREA

Mr. Hak Soon Chang, Senior Engineer, Flood Control Section, Bureau of Public Works, Ministry of Home Affairs, Republic of Korea, Seoul.

## LAOS

Mr. Khamtanh Kanhalikham, Directeur, Service de Météorologie du Laos, Ministère des Travaux et des Transports, Vientiane.

## PAKISTAN

Mr. Wirasat Ullah Khan, Assistant Meteorologist, Pakistan Meteorological Service, No 1-3 Frere Road, Karachi.

## THAILAND

Mom Luang Xujati Kambhu, Director-General, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok.

Vice-Admiral Charoon V. Bunnag, Director, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok.



Mr. Boonchob Kanchanalak, Head, Hydrologic Section, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok.

Captain Prasert Soontarotok, Chief, Weather Forecast Division, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok.

Commander Charoon Vadhanapanich, Technical Officer, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok.

Mr. Sutep Tingsabhat, Hydrologist, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok.

Lt. Commander Kajit Buajitti, Chief, Research Section, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok.

Mr. Sa-Ard Srinkapaibulaya, Irrigation Design Engineer, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok.

Mr. Chamnan Pradithavanij, Irrigation Design Engineer, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok.

Lt. Commander Dumrong Chareonsook, Deputy Chief, Flood and River Stages Division, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok.

## UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

Mr. J.A. Snellgrove, First Secretary (Economic), British Embassy, Bangkok.

## VIET-NAM

Mr. Nguyen-Quang-Chuyen, Hydraulic Engineer, Hydraulic Service, Public Works Department, 144 ter Tran Hung Dao, Saigon.

## OTHER STATE

### FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY<sup>(1)</sup>

Mr. Max Spandau, Economist, Embassy of the Federal Republic of Germany, Bangkok.

Mr. W. Hoffman, Chief Engineer, West German Hydrometric Mission to Afghanistan, P.O.B. 2, Kabul.

## SPECIALIZED AGENCIES

Food and Agriculture Organization (FAO) Mr. J.A. Tubb, Regional Fisheries Officer Asia and the Far East, FAO Far East Regional Office, Bangkok.

Mr. H. Schildknecht, FAO Hydraulic Engineer in Laos, c/o Ministry of Agriculture, Vientiane.

United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) Mr. Lennart Mattsson, Director, Southeast Asia Science Co-operation Office for South East Asia, Djalan Diponegoro 76, P.O. Box 2313, Djakarta.

<sup>(1)</sup> Participating in a consultative capacity under ECOSOC Resolution 617 (XXII) dated 27 July 1956

World Health Organization (WHO)

Dr. L.W. Fitzmaurice, WHO Area Representative for Thailand, Ministry of Public Health, Bangkok.

### *NON-GOUVERNMENTAL ORGANIZATIONS*

International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)      Mr. Damrong Jaraswathana, Hydrology Section, Royal Thai Irrigation Department, Bangkok, Thailand.

International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)      Mr. Walter B. Langbein, Hydraulic Engineer, Geological Survey, Washington 25 D.C.

### *NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS (cont'd)*

Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC)      Lt. Commander Monthian Ruenwongse, Marine Surveyor, Port Authority of Thailand, Bangkok.

World Power Conference (WPC)      Mr. Boonrod Binsin, Secretary-General, National Energy Authority, 106 Soi Klarn, Bangkokpi, Bangkok.

Mr. Pravit Ruyabhorn, Technical Director, National Energy Authority, Pibultham House, Bangkok.

### *SECRETARIAT*

#### *ECAFE*

#### *WMO*

Mr. Shen-Yi, Acting Executive Secretary      Mr. O.M. Ashford, Chief of the Investigation Section, WMO secretariat, Geneva

Mr. A.R. Khanna, Senior Economic Affairs Officer, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

Mr. Joseph M. Morgan, Senior Economic Affairs Officer, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

Mr. P.T. Tan, Senior Economic Affairs Officer, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

Mr. N.N. Bhandari, Associate Economic Affairs Officer, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

Mr. K. Pranich, Associate Economic Affairs Officer, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

Mr. S.S. Pillai, Consultant, Bureau of Flood Control and Water Resources Development.

---

Mr. G.P. Kalinin <sup>(1)</sup>, USSR Hydrometeorological Service, Moscow.

Consultant

Mr. Walter B. Langbein, Hydraulic Engineer, Geological Survey Washington D.C.

Consultant

## APPENDIX 2

### List of papers

1. Hydrological data Networks and Methods of Extrapolating or Extending Available Hydrological Data by Mr. W.B. Langbein.
2. Hydrological methods when adequate hydrometric readings are not available by Dr. Vazhnov.
3. Rainfall intensities for local drainage design by Messrs. K. Parthasarathy and Gurbachan Singh.
4. Flood Warning in India by Mr. P.R. Ahuja.
5. Planning of river gauge and discharge observations in India by Mr. P.R. Ahuja.
6. Planning of precipitation networks for water resources development in India by Mr. P.R. Ahuja.
7. Problems in quantitative forecasting of rain by Mr. H.T. Ashton.
8. Meteorological Services in Japan for Flood Warning and control by Dr. Y. Kawabata.
9. Study of flood estimation methods in Japan by Mr. Toshio Takenouchi.
10. Hydrometeorological network in Pakistan for the purpose of water development and flood control by Messrs. Sibte Nabi Naqvi and W.U. Khan.
11. A method of forecasting floods in the Indus basin in the absence of adequate data by Messrs. Sibte Nabi Naqvi and W.U. Khan.
12. Study on rain-gauge networks over the Central Plain of Thailand by Mr. Sa-ard Srinka-paibulaya.
13. On the sufficient number of rainfall stations for small basins by Mr. Y. Kawabata.
14. Principles applicable to the establishment of a hydrological observation network in a tropical or equatorial region by Mr. M.J. Rodier.
15. Run-off estimation for the Chao Phya River, Thailand by Mr. Boonchob Kanchanalak.
16. Characteristics of rainfall over Thailand, by Comdr. Charoen Vadhanapanich, Royal Thai Navy.
17. Hydrometeorological Network in Taiwan, by Sin-Yu Shui.

<sup>(1)</sup> Mr. Kalinin replaced Mr. Aleksandr Vazhnov of the USSR Hydrometeorological Service who was suddenly taken ill and hence could not fulfil his engagement as consultant to deliver lectures at the Seminar.



## APPENDIX 3

### Itinerary of the study tour

#### *Saturday, 25 July 1959*

- 6.00 a.m. Leave Bangkok by Navy buses for Bangkok Airport.
- 7.00 a.m. Leave Bangkok Airport by chartered plane for Chiangmai.
- 10.00 a.m. Arrive Chiangmai, visit Meteorological Station, irrigation works and seeing of Chiangmai. Spend night in the city of Chiangmai.

#### *Sunday, 26 July 1959*

- 6.00 a.m. Leave Chiangmai for Tak by chartered plane.
- 7.30 a.m. Arrive Tak Airport, and proceed to Bhumiphol (Yanhee) Dam site by bus.
- 9.30 a.m. Arrive Bhumiphol (Yanhee) Dam site. Visit construction works and stress gauging work;  
Lunch at the Headworks.
- 2.00 p.m. Leave Bhumiphol Headworks for Tak Airport by bus.
- 4.00 p.m. Leave Tak for Nakorn Sawan by chartered plane.
- 5.00 p.m. Arrive Nakorn Sawan and proceed to the Chao Phya Dam by bus.
- 6.00 p.m. Arrive Chao Phya Dam. Stay over night at the Dam.

#### *Monday, 27 July 1959*

- Inspection of Chao Phya Dam.
- 8.00 a.m. Leave Chao Phya Dam for Samchook Headworks by houseboats via Makha Tao Main Canal;  
Inspection of irrigation works along the canal.
- 2.00 p.m. Arrive Samchook for lunch, visit the Experimental Farm.
- 4.00 p.m. Leave Samchook Headworks for Sri Prajan by boats.
- 5.00 p.m. Arrive Sri Prajan and proceed to Bangkok via Suphan by Navy bus.
- 8.00 p.m. Arrive Bangkok.

# D. — OTHER ORGANS OF AND SPECIALIZED AGENCIES RELATED TO THE UNITED NATIONS

## D. — AUTRES ORGANISATIONS GOUVERNEMENTALES DEPENDANT DES NATIONS UNIES

JUNE 1959

### PRELIMINARY REPORT ON TECHNIQUES OF WATER RESOURCES SURVEYS

*We reproduce the forword of a preliminary report on techniques of water resources surveys*

1. In resolution 614 C (XXII) the Economic and Social Council requested the Secretary-General, in consultation with the Food and Agriculture Organization of the United Nations and other specialized agencies, to draw to the attention of Governments available information regarding techniques of resources and requirements surveys which have proved useful in practice, and to prepare such complementary studies on these techniques as he finds appropriate.

2. As explained in a progress report (document E/3267) submitted by the Secretary-General to the Council at its twenty-eight session, in accordance with another request in the same resolution, a series of studies have been made in respect of three fields—human resources, water resources and cartography—selected for initial consideration.

3. The present preliminary report on techniques of water resources surveys forms part of the above-mentioned series and it is being circulated to Member Governments and to appropriate interested organizations for their information and comments. It is divided into an introduction and three parts dealing with three different but interrelated and complementary aspects of a general problem. Part I reviews techniques for surveying surface-water resources. Part II deals with ground-water investigations and Part III with the assessment of water quality. Part I includes a fairly extensive bibliography but in the case of the other two parts, bibliographies so far assembled have not been deemed sufficiently representative to warrant inclusion at this stage.

4. The report represents the joint effort of the United Nations Bureau of Economic Affairs and of the interested specialized agencies concerned within the general framework of the United Nations Water Resources Development Centre. The World Meteorological Organization has provided the materials presented in the paper on surface water which has been compiled by Professor Ray K. Linsley and recently also published independently (in English only) as WMO Technical Note No. 26. Part II is based on a manuscript which has been prepared by the United States Geological Survey in collaboration with FAO and Part III on a draft prepared by the World Health Organization.

# E. — NON- GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

# E. — ORGANISATION NON GOUVERNE- MENTALES

## 1. COMMISSION INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DRAINAGE

### QUATRIÈME CONGRÈS

MADRID 30 MAI - 5 JUIN

### INVITATION

Le Comité National Espagnol a le plaisir d'envoyer une cordiale invitation aux pays du monde, pour prendre part au Quatrième Congrès des Irrigations et du Drainage, qui aura lieu à Madrid pendant la première semaine du mois de Juin 1960.

L'importance des trois Congrès précédents de la Commission est bien connue, par la coordination et la divulgation des connaissances mondiales sur les problèmes courants d'Irrigation et Drainage et le monde entier est intéressé aux futurs Congrès de cette Commission, lesquels, à partir de ce Quatrième Congrès, incluront aussi parmi les thèmes à discuter une question relative à la défense contre les inondations. Le Quatrième Congrès a en programme la discussion de thèmes très importants et il offrira aux ingénieurs techniciens et investigateurs une magnifique opportunité d'échanger des points de vue et des idées dans le but de favoriser le développement de la science et de la technique de l'irrigation, du drainage, de la canalisation des rivières et de la défense contre les inondations.

Outre les séances techniques, des visites d'études seront organisées dans les divers réseaux d'irrigations et de drainages, digues et travaux de défense contre les inondations en Espagne ce qui permettra aux participants de visiter diverses régions d'Espagne et d'apprécier ses problèmes et les efforts qui se réalisent pour les résoudre.

L'Espagne comme pays amphitryon, assure à ses invités l'accueil le plus cordial.

## 2. HONGRIE

*Budapest, mars 1960*

### *Notice préliminaire*

La Société Hongroise d'Hydrologie  
l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques  
organisent une

(<sup>1</sup>) Le mot « hydrologie » dans le nom de la Société, fondée il y a 43 ans, désigne l'ensemble des sciences s'occupant de l'eau. Les membres de la Société se recrutent parmi les ingénieurs des constructions hydrauliques et, l'hydraulique agricole, les hydrologues, les hydrogéologues, les chimistes de l'eau, les techniciens de l'épuration des eaux usées et les balnéologues.



## CONFÉRENCE D'HYDRAULIQUE

du 5 au 10 septembre 1960

à Budapest, avec participation de spécialistes étrangers  
sous la présidence

du Docteur h. c. E. Németh, Professeur d'Université  
Président de la Commission de l'Économie Hydrauliques de  
l'Académie des Sciences Hongroise

sujets de la conférence :

### *Hydraulique fluviale*

- a) Débit solide, mouvements de débit solide en suspension et roulé, leur dépôt.
- b) Mouvements d'eau divers, formation naturelle de la surface d'eau, remous, propagation des ondes de crue.

### *Hydraulique de la filtration*

- a) Filtration à travers les digues; en dessous d'ouvrages d'art; hydraulique des puits; abattement de la nappe aquifère.

- b) Infiltration dans des conditions naturelles et sur terrains arrosés; mouvement des eaux souterraines; effect des canaux de drainage et d'irrigation sur la nappe aquifère.

Toute étude se rapportant à l'un des sujets de la conférence, non encore publiée, peut être présentée. Afin que nous puissions fixer l'ordre du jour détaillé nous prions de nous faire parvenir au plus tard pour le 15 avril le titre et un bref résumé de l'étude à présenter. Le texte extenso de celui-ci — en hongrois ou en n'importe quelle langue mondiale et ne dépassant pas 10 pages dactylographiées — devra nous parvenir pour le 15 juin au plus tard pour que les rapports généraux et leurs traductions puissent être rédigés en temps utile.

Les participants de la conférence recevront le texte des rapports particuliers avec ceux des rapports généraux. Les derniers seulement viennent d'être présenté au cours de la conférence.

La conférence sera suivie d'un voyage d'étude de 2 jours.

Le programme détaillé et les conditions de la participation seront communiqués dans la prochaine circulaire.

Toute correspondance relative à la conférence devra être adressée avec la mention « *Hidraulikai Konferencia 1960* » à l'adresse ci-dessous :

D. Ihrig, Chef de section

Président de la Section de l'Hydraulique de la Société  
Hongroise d'Hydrologie

Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques, Rakoczi-ut 41. Budapest VIII., Hongrie.



# PARTIE SCIENTIFIQUE SCIENTIFIC PART

## EVAPORATION FROM WATER SURFACES IN MOUNTAIN AREAS OF WESTERN UNITED STATES

HARRY F. BLANEY (1)

### Abstract

Large amounts of water are lost from reservoirs and lakes by evaporation. Thus, measurements are being made of evaporation from free-water surfaces throughout the world. In the Western United States the storage of stream flow from mountain watersheds in reservoirs has made possible the development of much of the irrigated agriculture. These reservoirs help to prevent floods, conserve a water supply that otherwise might be wasted, and make water supply available for the production of power, irrigation of crops and for municipal purposes. Usually the evaporation rate cannot be measured directly from large water areas. Thus, it is a common practice to measure the evaporation rate of water from pans, and, using coefficients, a reduction is made of the pan-evaporation measurement to the lake-evaporation value. At high altitudes it is seldom possible to measure the evaporation rate during the winter months because the water in the pans freezes. Evaporation data from data of high-mountain areas are limited. The paper presents data concerning evaporation of water in several western states, and develops a method of estimating monthly evaporation for the entire year from temperature measurements and other data.

### INTRODUCTION

Much of the irrigated agriculture of the West has been made possible by storage of stream flow from mountain watersheds in reservoirs for irrigating valley lands. These reservoirs conserve a water supply that otherwise might be wasted, help to prevent floods, and make possible the production of hydroelectric power. Studies of evaporation from storage reservoirs indicate that for long periods of deficient stream-flow some reservoirs may yield, for useful purposes, as little as 50 percent of the total water supply, the balance being lost by evaporation through years of carry-over storage. Reservoirs replenished by snow-fed streams flowing out of high mountains receive a more uniform water supply than those located in lower areas where snow-melt is small and run-off is deficient. Reservoir replenishment in the higher areas occurs during late spring and early summer. Along the secondary streams of the lower mountains run-off quickly approaches a peak and as rapidly diminishes into periods of minimum stream flow. In such areas reservoirs must be designed for a carry-over supply from wet years for use during years of water deficiency.

(1) Irrigation Engineer, Western Soil and Management Research Branch, Soil and Water Conservation Research Division, Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture, Los Angeles-Corona, California, March 1960. Prepared for Association Internationale D'Hydrologie.



Except in unusual instances evaporation losses cannot be measured directly from lakes or reservoirs because of unknown elements of supply, such as losses of water entering or leaving the reservoir. Thus, research studies have been necessary to determine the relationships existing between evaporation from standard pans and climatological data, which are measurable and that from lakes and reservoirs for which direct measurements are impossible. Although evaporation pan-records at low elevations are available for many areas throughout the United States, records of evaporation at high altitudes are less numerous and are limited to frost-free months because the water in the pans freezes during the winter period. Evaporation losses during the winter months are needed for estimating water supply available from reservoirs during the summer months for irrigation, municipal, and power purposes (2, 3). Many of the early studies on these relationships were made by the irrigation engineers of the United States Department of Agriculture in Colorado and California and coefficients were developed for reducing pan records to values of lake evaporation (1, 5, 7). Since 1946 the irrigation engineers of the Department of Agriculture have conducted evaporation studies at high altitudes in the Huntington Lake, (California) area in cooperation with an electric company. In these studies the evaporation from pans is correlated with temperature observations for the purpose of estimating the monthly loss of water due to evaporation for the entire year.

A procedure for estimating the evaporation rate from climatological data is outlined in this paper for cases for which no pan records are available.

#### TYPES OF EVAPORATION PANS

Four types of pans are used in high altitude sites—the Weather Bureau Class A pan, the Department of Agriculture screen pan, the Colorado land pan, and the Geological Survey (Department of the Interior) square floating pan. The usual coefficients for reducing evaporation from these pans to an equivalent evaporation from lakes or reservoirs are: The Weather Bureau pan, 0.70; the screen pan, 0.98; the Colorado land pan, 0.78; and the floating pan, 0.80 (1).

The most commonly used pan for measuring the evaporation rate from water surfaces is the Weather Bureau Class A pan. It is 4 feet in diameter, 10 inches deep, and is set on a 6-inch wooden grillage in order to raise the water surface slightly more than 1 foot above the ground level. The coefficient ranges from 0.60 for arid areas to 0.80 for humid climates but a value of 0.70 is usually used to reduce the pan records at high elevations to the equivalent reservoir or lake evaporation values (2,4).

Observations of evaporation from the Weather Bureau pans were initiated just prior to 1905. This type is used in 1960 throughout the United States and Mexico and in other parts of the world. In the western United States, measurements are made by the Weather Bureau, the Agricultural Research Service, the Bureau of Reclamation (Department of the Interior), cities, and the state agricultural experiment stations in cooperation with other agencies, with many of the results being published by the Weather Bureau.

#### THE RELATION OF ALTITUDE TO EVAPORATION

A review of the literature indicates that there is a difference of opinion as to the effect of altitude or barometric pressure on the evaporation rate of water. With other conditions unchanged, evaporation would increase with elevation as the rarefied atmosphere at high levels offers less obstruction to the water molecules that escape from a freely-exposed water surface. Higher elevations, however, are characterized by lower temperatures and changes in other climatic factors that more than offset the effect of decrease in barometric pressure. The net result is a decrease in evaporation that is more or less proportional to the decrease in temperature.

In 1905 the Department of Agriculture, in cooperation with the state of California, conducted

ected tests to determine the effect of altitude on the evaporation of water from surface by measuring the depth of water that was vaporized from a series of pans whose diameters were inches. The pans were placed on the ground at different elevations on the eastern slope of Mt. Whitney (California) (2,7). The mean daily pan evaporation measurements and temperature readings for a twenty-day period are shown in Table 1.

The results show that the decrease in evaporation was more closely related to a change in temperature than to one in barometric pressure. The rate of evaporation decreased uniformly from an elevation of 4,515 feet to an elevation of 8,370 feet and then the rate decreased more rapidly to an elevation of 12,000 feet. At the summit of Mt. Whitney, the evaporation pan was exposed to winds from all directions, in contrast with those on the lower eastern slope, and, therefore, shows a slightly higher rate of evaporation.

TABLE 1

EVAPORATION AND TEMPERATURES ON THE EAST SLOPE OF MT. WITNEY, CALIFORNIA (7)

Location	Elevation in feet	Mean daily evaporation in feet	Mean daily temperature in degrees fahrenheit
Soldiers Camp	4,515	0.223	82
Junction of South Fork and Lone Pine Creek	7,125	.170	82
Inters Camp	8,370	.147	74
Lone Pine Lake	10,000	.136	58
Mexican Camp	12,000	.134	49
Summit of Mt. Whitney	14,502	.140	48

At the Irrigation Field Laboratory established by the Department of Agriculture at Denver, Colorado in 1915, research studies (6) were conducted on the variation in the degree of evaporation from different types of pans, and the results were extended to large water areas at an elevation of 5,200 feet. The coefficients for reducing pan evaporation measurements to lake evaporation values were determined for sunken pans, which were 3 feet deep and whose diameters varied from 1 foot to 12 feet. These studies were interrupted in 1917 by World War I. The writer re-established the station in 1919 and continued the studies for one season as well as lysimeter studies on evapotranspiration by irrigated crops (1).

The results of preliminary analysis on evaporation at different elevations in California and Nevada are shown in Fig. 1. Fig. 1 also shows the mean annual evaporation from lake and reservoir surfaces at different altitudes in California and Nevada. Curve AA is a modification of a tentative graph based partly on data reported by Sidney T. Harding, M. ASCE. For sites whose elevations were greater than 7,000 ft, the curve was extended to conform to the Mt. Whitney evaporation. Curve B is the result of an analysis of approximately 60 Weather Bureau pan records and meteorological data in the southern California coastal area. In the coastal area of Los Angeles (Calif.) County the annual lake evaporation increases from about 36 in. at the coast to approximately 54 in. at 2,500 ft, as shown in Fig. 1. The annual lake evaporation begins decreasing from 54 inches at an elevation of 2,500 ft to 35 in. at 7,000 ft.

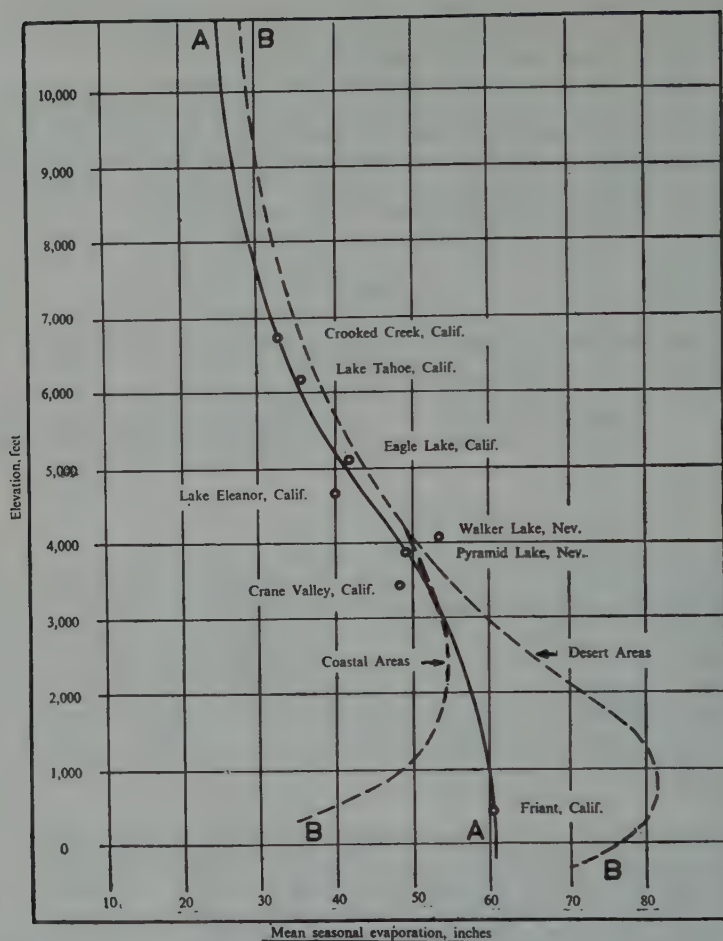


Figure 1 — Estimated mean annual evaporation from lake surfaces at different altitudes in Nevada Mountains.

#### EVAPORATION PAN OBSERVATIONS

The Weather Bureau type of pan is usually used to measure evaporation at high elevations in Western United States. The results of a few monthly measurements in Arizona, California, Colorado, New Mexico and Utah are shown in tables 2, 3 and 4.



TABLE 2

EXAMPLES OF MEAN MONTHLY EVAPORATION FROM WEATHER BUREAU PAN  
AT HIGH ELEVATIONS, U.S. FOREST SERVICE STATIONS

Sierra Ancha Experimental Station, Arizona Evaporation, Weather Bureau Pan, Inches							
v. ft. 00	Year 1954-1958	Jan. 2.32 Jul. 10.16	Feb. 3.15 Aug. 8.23	Mar. 4.74 Sept. 8.19	Apr. 6.58 Oct. 5.69	May 9.05 Nov. 3.57	June 11.00 Dec. 2.88
San Dimas Experimental Forest, California (San Dimas Canyon Station)							
v. ft. 00	Year 1938-43	Jan. 1.94 Jul. 9.06	Feb. 1.93 Aug. 8.14	Mar. 2.83 Sept. 6.29	Apr. 3.18 Oct. 4.54	May 6.15 Nov. 3.50	June 6.86 Dec. 2.36
(Tanbark Flat Station)							
v. ft. 00	Year 1935-58	Jan. 2.27 Jul. 9.80	Feb. 2.41 Aug. 9.75	Mar. 3.38 Sept. 8.37	Apr. 4.09 Oct. 5.67	May 5.65 Nov. 3.71	June 6.96 Dec. 2.44
(San Gabriel Divide Station)							
v. ft. 00	Year 1938-43	Jan. 2.31 Jul. 10.52	Feb. 2.24 Aug. 9.87	Mar. 3.55 Sept. 7.71	Apr. 4.26 Oct. 5.86	May 6.91 Nov. 4.15	June 8.20 Dec. 2.70
(Fern Canyon Station)							
v. ft. 00	Year 1942-43	Jan. 3.35 Jul. 10.61	Feb. 3.91 Aug. 8.75	Mar. 3.05 Sept. 8.59	Apr. 4.73 Oct. 6.45	May 7.92 Nov. 4.07	June 7.71 Dec. 3.60

TABLE 3

MONTHLY EVAPORATION FROM WEATHER BUREAU-TYPE PAN  
AT SEVERAL STATIONS, CALIFORNIA

Location	Elev. feet	Year	Evaporation, Weather Bureau pan, inches					
			May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
Shaver Lake <sup>(1)</sup>	5376	1951- 1954 <sup>(2)</sup>	—	7.78	9.31	8.73	6.60	3.76
		1955	—	7.25	8.55	9.23	6.47	—
		1956	—	5.72	8.13	8.06	6.06	3.13
Boca <sup>(3)</sup>	5536	1951- 1954 <sup>(2)</sup>	7.35	8.44	10.79	9.46	6.96	4.57
		1955	7.64	8.95	10.34	10.68	7.21	4.99
		1956	6.27	9.58	9.42	9.14	7.26	—
		1957	5.17	9.53	10.15	10.59	7.46	3.49
		1958	8.26	7.49	8.74	8.67	7.61	5.30
Lake Tahoe <sup>(3)</sup>	6230	1951- 1954 <sup>(2)</sup>	—	4.87	6.06	5.39	3.21	1.39
		1955	—	5.58	7.42	7.57	3.47	1.59
		1956	—	5.45	5.65	4.85	2.80	—
		1957	—	5.33	5.93	5.92	3.52	1.29
		1958	—	4.70	5.47	5.22	3.67	1.69
Florence Lake <sup>(1)</sup>	7345	1951- 1954 <sup>(2)</sup>	—	7.79	8.08	8.32	6.28	—
		1955	—	7.69	8.94	8.56	6.77	—
		1956	—	7.13	7.71	7.22	6.13	1.89
Kaiser Pass <sup>(1)</sup>		1955	—	—	—	6.45	4.95	—
		1956	—	—	8.59	6.82	6.05	1.79

<sup>(1)</sup> U. S. Agricultural Research Service in cooperation with Southern California Edison Company.

<sup>(2)</sup> Average

<sup>(3)</sup> U.S Weather Bureau records.

TABLE 4

AVERAGE MONTHLY EVAPORATION FROM WEATHER BUREAU-TYPE PAN AT HIGH ELEVATIONS AT SEVERAL STATIONS IN COLORADO, NEW MEXICO AND UTAH.

Location	Elev. in feet	Average pan evaporation in inches						
		Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
Colorado								
Collins	5004	4.29	5.18	6.96	7.50	6.26	5.69	3.56
es Park	7525	5.54	6.10	8.51	8.34	6.52	6.04	4.00
and Lake	8389	—	4.69	7.71	8.39	6.60	6.02	2.64
toro Dam	9826	—	5.88	9.04	6.74	6.04	5.98	3.89
New Mexico								
Vado Dam	6750	—	7.30	10.25	9.52	7.43	6.59	5.30
gle Nest	8240	—	—	11.11	7.74	6.02	6.29	4.77
Utah								
ah Lake	4497	5.82	7.81	9.65	10.37	9.36	7.05	3.88
gan	4608	4.87	6.38	7.64	9.05	8.73	6.18	3.27
st Portal	7608	—	6.49	7.65	7.80	6.70	5.67	3.14

#### CALIFORNIA STUDY IN THE SIERRA NEVADA MOUNTAINS

For several years studies of the evaporation at high altitudes in the Sierra Nevada Mountains central California have been conducted by the Western Soil and Water Management Research Branch of the Soil and Water Conservation Research Division of the United Agricultural Research Service in cooperation with the Southern California Edison Company. Class A weather Bureau evaporation stations equipped with Young screen pans were installed at Silver Lake (El. 5376), Huntington Lake (El. 6954), Florence Lake (El. 7345), and Kaiser Pass (El. 9194) in the Upper San Joaquin River watershed. The water from the lakes, after being used several times for developing electric power, flows into a storage reservoir (Millerton Lake) created by Friant Dam, which was built by the Bureau of Reclamation and is available for irrigation by the farmers in San Joaquin Valley. The evaporation of water from a Class A weather Bureau pan and the temperatures have been measured by the Bureau of Reclamation at Friant, Calif. (El. 380), for many years.

The purpose of the investigation was to determine the monthly and the annual evaporation losses from lakes at altitudes ranging from 4,500 ft to 9,200 ft. As indicated in table 3, it is not possible to measure the evaporation of water from pans during the winter because of the freezing of water in the pans at these elevations. Thus, the problem of determining the quantity of evaporation during this period is difficult.

However, by correlating the measured monthly quantity of water loss due to evaporation,



e, with the mean monthly temperatures,  $t$ , and the percentage of daytime hours,  $p$ , for a full month period from October at Huntington Lake, the evaporation for other months may be estimated, as shown in table 5 and Fig. 2. This procedure is a modification of a method developed by the writer during the Pecos River Joint Investigation during 1940 and 1941 from evaporation records and related meteorological data at stations in New Mexico and Texas. By multiplying the mean monthly temperature by the monthly percentage of daytime hours of the year, a monthly water-use factor,  $f$ , is obtained. It is assumed that the monthly evaporation losses vary directly as the factor,  $f$ . Therefore,  $e = kf$ , in which  $f = tp/100$  and  $k$  is the monthly empirical coefficient computed from the measured evaporation losses and temperature from the percentage of daytime hours. The relationship between the mean monthly evaporation and the water-use factor for the period from 1947 through 1954 at Huntington Lake is shown in Fig. 2 and is based on measured data given in Table 5. An analysis of the data at stations in this area and for stations at lower elevations shows that the curve in Fig. 2 may be plotted as a straight line for the period from April to October, and that for the winter months the curve will be an approximate straight line at a different slope for monthly pan evaporation of 1 inch or more. The monthly evaporation rate for the period from November to May is estimated from Fig. 2 as shown in Table 5.

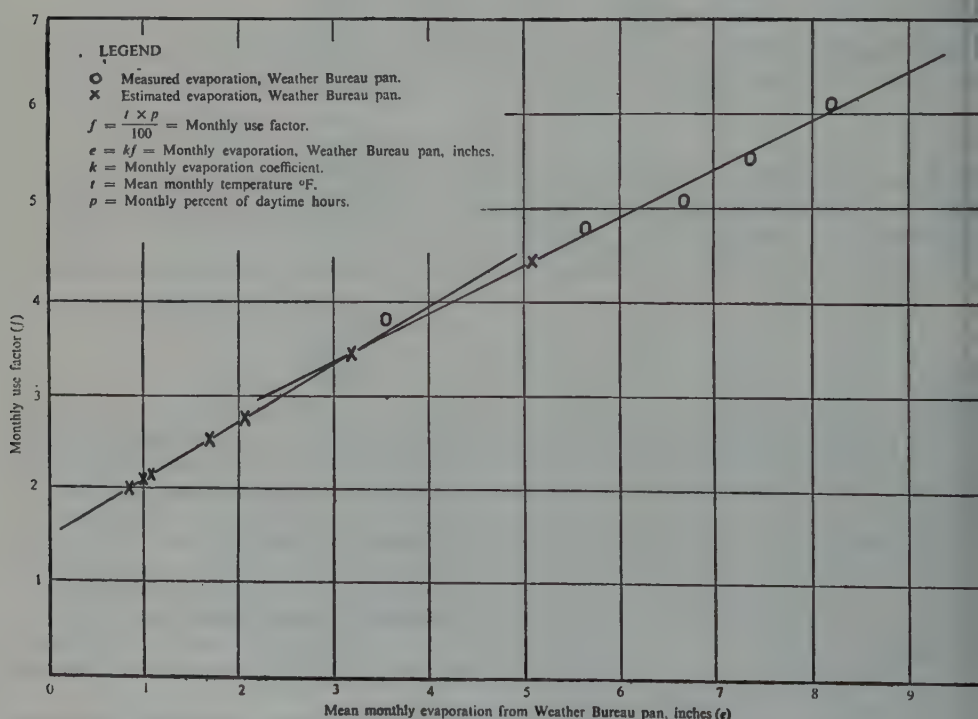


Figure 2 — Relation between mean monthly evaporation and the product of mean monthly temperature by percent of daytime hours, 1946-54, Huntington Lake, California.

TABLE 5

MEAN MONTHLY OBSERVED AND ESTIMATED EVAPORATION FROM WEATHER BUREAU PAN AND ESTIMATED LAKE EVAPORATION, FROM 1947 TO 1954, HUNTINGTON LAKE, CALIFORNIA

Month	t, in degrees Fahrenheit	p, in percentage	f	Evaporation, in inches	
				Pan	Lake <sup>c</sup>
June	51.5	9.89	5.09	6.67 <i>a</i>	4.67
July	60.8	10.05	6.11	8.18 <i>a</i>	5.73
August	58.3	9.44	5.50	7.33 <i>a</i>	5.13
September	56.5	8.37	4.73	5.61 <i>a</i>	3.93
October	48.0	7.82	3.75	3.62 <i>a</i>	2.53
November	40.4	6.87	2.77	2.1 <i>b</i>	1.46
December	32.6	6.72	2.19	1.1 <i>b</i>	0.78
January	29.5	6.93	2.04	0.9 <i>b</i>	0.63
February	30.9	6.82	2.11	1.0 <i>b</i>	0.71
March	30.0	8.35	2.51	1.7 <i>b</i>	1.19
April	38.8	8.87	3.44	3.2 <i>b</i>	2.24
May	44.6	9.87	4.40	5.1 <i>b</i>	3.56
Total				46.51	32.56

*a* Measured pan evaporation. *b* Estimated from curve. *c* Reduction factor, 0.70.

#### ESTIMATING EVAPORATION AT HIGH ALTITUDES

A procedure similar to that described for Huntington Lake can be used to estimate evaporation during winter months when only evaporation and temperature records are available for summer months.

Another method is to determine values of *k* for stations for which winter records are available and then compute monthly winter evaporation by the formula,  $e = kf$ . This method is illustrated in Table 6 for stations at Fort Collins.

The author has used another method of estimating monthly winter evaporation at high altitudes. The monthly evaporation for the entire year at a nearby lower elevation station is plotted against available monthly measurements during the frost-free period at the high elevation station. For example, a straight line was fitted to the plotted points from observations at Huntington Lake (El. 6954) and Friant Station (El. 400), as shown in Fig. 3. An equation ( $e_H = 0.486 e_F + 0.41$  = monthly Weather Bureau pan evaporation) was developed for computing the evaporation for the winter months at Huntington Lake.

The assistance rendered by Leonard L. Longacre of the Southern California Edison Co. in the Huntington Lake Area is greatly appreciated.

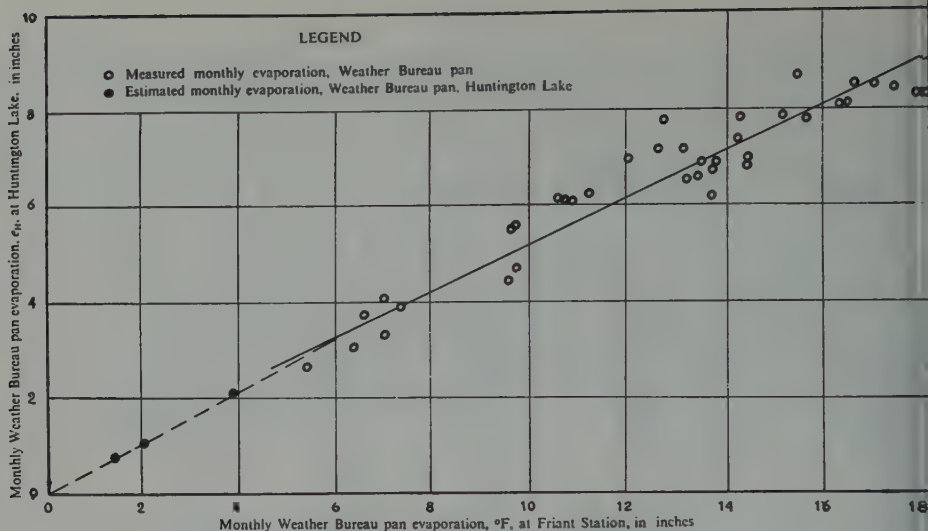


Fig. 3 — Relationship between monthly pan evaporation at huntington lake, California, and monthly pan evaporation at Friant station, California.

TABLE 6

ESTIMATED MONTHLY EVAPORATION FROM FREE WATER SURFACES BASED ON MEASURED EVAPORATION AND TEMPERATURE

	Month	t, in degrees Fahren- heit <i>a</i>	p, in percentage	<i>f</i>	<i>e</i> (pan evapo- ration, in inches	<i>k</i>	Lake evapo- ration in inches
Fort Collins (Colo), El. 5004	January	30.4	6.72	2.04	1.43 <i>c</i>	0.70	1.00
	February	34.0	6.71	2.28	1.82 <i>c</i>	0.80	1.27
	March	34.7	8.32	3.11	2.48 <i>c</i>	0.80	1.74
	April	46.0	8.97	4.13	4.29	1.04	3.00
	May	54.9	10.05	5.52	5.18	0.94	3.63
	June	65.6	10.11	6.63	6.96	1.05	4.87
	July	71.6	10.26	7.35	7.50	1.02	5.25
	August	68.4	9.56	6.54	6.28	0.96	4.40
	Sept.	61.3	8.39	5.14	5.71	1.11	4.00
	Oct.	49.2	7.73	3.80	3.57	0.94	2.50
	Nov.	36.4	6.70	2.44	1.95 <i>c</i>	0.80	1.36
	Dec.	29.7	6.48	1.92	1.34 <i>c</i>	0.70	0.94
	Total				48.51		33.96

*at* = mean monthly temperatures, from 1951 through 1954.

*b* = reduction factor, 0.70.

*c* = estimated value of *k f*.



#### LITERATURE CITED

- (1) BLANEY, Harry F., Progress Report on Evaporation and Evapotranspiration Studies, Denver Irrigation Field Laboratory. 1920.
- (2) BLANEY, Harry F. and COREY, Gilbert F., Evaporation from Water Surfaces in California. *Bul. 54-B*, Division of Water Resources, State of California. 1955.
- (3) BLANEY, Harry F., Muckel, Dean C., Evaporation from Water Surfaces in California. *Bul. No 73*, Dept. of Water Resources, State of California. 1959.
- (4) KOHLER, M.A., NORDENSEN and FOX, W.E., U.S. Weather Bureau Paper No. 38. 1955.
- (5) ROHWER, Carl, Evaporation from Free Water Surfaces. *Tech. Bul. No. 271e*. U.S. Dept. of Agri. 131.
- (6) SLEIGHT, R.B., Evaporation from the Surfaces of Water and Riverbed Materials. *Jour. Agric. Res.* Vol. 10, No 5. 1917.
- (7) YOUNG, Arthur A., Evaporation from Water Surfaces in California. U.S. Dept. of Agr. *Bul. Nos. 54 and 54-A*, Calif. Div. of Water Resources. 1947.

# SUR LA PUISSANCE DES CRUES AU JAPON A MADAGASCAR ET A LA REUNION

## A — INTRODUCTION GÉNÉRALITÉS SUR LA PUISSANCE DES CRUES

### 1 — DÉCROISSANCE DES DÉBITS MAXIMA SPÉCIFIQUES POUR DES SURFACES RÉCEPTRICES CROISSANT

Depuis nos premières études hydrologiques, notre curiosité se braque sur les débits maxima des très grandes crues déjà observées ou jugées possibles sur terre, sur leurs caractéristiques numériques et leurs causes. Et nous avons toujours dans nos recherches sur ces phénomènes obéi à des arrière-pensées ou à des intentions comparatives. Dès le début de notre initiation à la Potamologie par exemple, nous avons été frappé par la supériorité des maxima du Rhône à Lyon, 4000 à 4200 m<sup>3</sup> pour 20.500 km<sup>2</sup> (dont seulement 12500 ruisselant à l'aval du lac Genève, lequel intercepte les afflux de l'amont) sur les records de la Seine à Paris (2300 à 2400 m<sup>3</sup> pour 44.000 km<sup>2</sup>). Et nous éprouvions encore plus de saisissement devant les gonflements formidables de l'Ardèche : longtemps estimés à 7500 m<sup>3</sup> (nous savons maintenant que c'est plus 6000 à 6500 m<sup>3</sup>) pour le record de septembre 1890, à l'issue de 1950 km<sup>2</sup>, à Vallon. Longtemps d'ailleurs, avant d'être désabusés, nous n'avons point eu la certitude qu'ailleurs au monde des rivières pouvaient se gonfler sensiblement plus.

Dans nos comparaisons bien sûr, nous tenions compte des surfaces réceptrices. Un commun sens bon sens déconseille de juger un flot de 17.000 m<sup>3</sup> venant de 680.000 km<sup>2</sup> (Danube à Roussé) comme supérieur ou même égal en puissance relative à un maximum de 10.000 m<sup>3</sup> émanant de 10.200 km<sup>2</sup> sur la Miami, affluent septentrional de l'Ohio (mars 1913).

D'autre part, quiconque a en sa possession quelques dizaines de bons chiffres relatifs aux débits maxima bruts (m<sup>3</sup> sec.) et spécifiques (lit. sec. par km<sup>2</sup>) se rend vite compte que les valeurs du second genre bien que toutes ramenées à une commune mesure, l'unité de surface, ne peuvent point non plus servir seuls à des jugements comparatifs sur les puissances respectives. À moins que l'on ne raisonne seulement sur des bassins de grandeurs identiques. En effet, apparaît avec évidence, que, depuis les parties les plus arrosées, même après une averse ou une série pluvieuse qui a produit un ruissellement efficace sur tout un bassin fluvial, les débits spécifiques maxima diminuent vers l'aval en fonction des surfaces réceptrices croissantes.

Et l'on trouve une réduction de même sens, lorsque dans une région donnée on compare les débits maxima records, pour des dates quelconques et des surfaces réceptrices appartenant à n'importe quels bassins fluviaux et de plus en plus grandes.

L'explication dans les grandes lignes de ce phénomène, un des plus importants de l'hydrologie fluviale, est facile. Plus les surfaces réceptrices considérées s'accroissent à partir du foyer pluvieux principal, dans une région géophysiquement homogène, cohérente, plus, par définition, les plus fortes lames d'eau moyennes reçues par ces superficies diminuent.

Or, on démontre presque aussi aisément un autre principe. Dans l'ensemble, les rapports des débits fluviaux maxima spécifiques  $N_q$  aux pluies  $P_q$  responsables, évalués en débits records du ciel par le bassin, diminuent eux-mêmes si les longueurs des cours, et donc en gros (pour des bassins donnés semblables) les dimensions des bassins augmentent, ce qui ralentit les évolutions des crues (\*).

Si  $P_q$  diminue, et si  $N_q/P_q$  se réduit aussi entre des stations où les surfaces réceptrices occupent respectivement 5000 et 50.000 puis 500.000 km<sup>2</sup>,  $N_q$  diminue fortement dans le même sens. La loi ne vaut sûrement que s'il s'agit de crues ayant partout les mêmes fréquences;

(\*) Car pour un volume spécifique donné d'écoulement, plus l'intumescence s'allonge dans le temps, moins sa pointe est élançée.

encore à la rigueur et avec des risques de distorsion si l'on compare les crues maxima connues; à condition que tous les chiffres choisis correspondent après enquête à des phénomènes très rares.

## 2 — FORMULES DE DÉBITS MAXIMA EN FONCTION DES SURFACES RÉCEPTRICES. LEUR DÉFAUT ESSENTIEL

La décroissance en question est si universelle et si apparemment exponentielle qu'on a cherché à la représenter par des formules et donc par des coefficients. La plus simple est celle de MYER,  $Q = A\sqrt{S}$  donc  $A = Q/\sqrt{S}$ ,  $Q$  étant pour nous en unités métriques, le débit brut de pointe en m<sup>3</sup> sec.,  $S$  la surface réceptrice en km<sup>2</sup> et  $A$  un coefficient.

Puis COOLEY a proposé  $A' = Q/S^{2/3}$ . Ou  $A'' = Q/S^{3/4}$  d'après DICKEN et WOOD. Ces auteurs emploient généralement des coefficients trop peu nombreux et selon les régions pas assez variés à l'intérieur de celles-ci.

Nous avons appliqué ces formules à des centaines de débits maxima records, survenus en beaucoup de parties du monde. Nous avons vite reconnu (et il était facile de le pressentir) qu'en aucune région même judicieusement délimitée, un coefficient  $A$  ou  $A'$ , etc., ne pouvait demeurer partout le même, quelle que soit la surface réceptrice. Il faudrait pour cela dans tous les bassins, et partout à l'intérieur de ceux-ci, pour les caractères géophysiques; relief, tracés des réseaux, nature du sol, puissance des pluies, quotients d'écoulement, etc... une similitude miraculeuse, avec des caractéristiques combinées spéciales pour chaque exposant et chaque coefficient. Nous estimons qu'il eût été presque démentiel d'estimer possible une telle homogénéité dans des cadres régionaux assez vastes.

Sans doute des exposants différents infiniment variés, changeants, correspondent-ils dans l'absolu (et dans les connaissances du Tout-Puissant) à chaque partie séparée puis intégrée de tout bassin fluvial. Je doute que la science humaine, si heureuse en des domaines apparemment mille fois plus difficile, parvienne à trouver sauf après expérience, les paramètres et les exposants qui conviendraient en chaque point, et surtout avant puis après les confluences importantes.

## 3 — QUALITÉ ET INTÉRÊTS DES FORMULES, MALGRÉ LEURS IMPERFECTIONS

Mais si l'imperfection grave des formules ici envisagées se révèle du premier coup au sens commun, il saute presque aussi vite aux yeux après quelques dizaines de calculs, que les dits coefficients ne sont point dépourvus de valeur pratique et d'abord géographique, dans certaines conditions d'emploi.

Ainsi, prenons le coefficient  $A$ , et recherchons ses chiffres en nombre de pays, d'abord pour des bassins compris entre 500 et 5.000 ou 10.000 km<sup>2</sup> par exemple. Nous verrons en chaque région, pour des surfaces réceptrices données, des valeurs plus ou moins différentes selon les rivières. Mais tout d'abord ces divergences s'expliquent géographiquement très bien, pour des causes dont la recherche et l'explication offrent un intérêt de premier ordre.

Puis pour les plus puissantes crues connues sur les rivières les plus violentes, en beaucoup de régions délimitées d'après de bons critères géographiques, les valeurs de  $A$  se trouvent comprises entre certaines limites assez écartées, mais aucunement au point de manquer d'une forte signification. Il est capital de savoir que par exemple sur le rebord oriental du Massif Central français, ou dans son avant-pays immédiat, le coefficient  $A$  peut atteindre 100 à 150. Pour les rivières européennes violentes issues de montagnes (mais point abritées par ces reliefs) et cependant peu alimentées par les cataclysmes méditerranéens,  $A$  vaut 40 à 55 ou peut-être 60 : Dordogne, Lot, Durance, Allier et Loire, jusqu'au delà de Nevers, cours d'eau drainant le Nord des Carpathes occidentales vers la Vistule, (Sola, Raba, Dunajec, etc...) et le Nord des Alpes autrichiennes vers le Danube (Inn inférieur, Salzach, Traun, Enns). Dans le bassin de la Seine jusqu'à Paris  $A$  est compris entre 6 ou 7 et 10 à 12 (un peu plus sans doute sur le haut Morvan).

$A$  ne dépasse guère 20 à 30 pour 10.000 à 30.000 km<sup>2</sup> sur les rivières de l'Afrique noire et tropicale. Mais pour les mêmes étendues, le coefficient atteint 100 à 160 ou 180 peut-être dans l'Inde et certainement encore en d'autres pays de l'Extrême-Orient. Puis il est révélateur de savoir que pour maintes rivières des Etats-Unis, même en plaine, et pour 10.000 à 100.000 km<sup>2</sup>,  $A$  vaut 40 à 60 (10 à 25 dans des bassins analogues en Europe) et même 60 à 100 en plusieurs cas spéciaux géophysiquement très explicables (à la sortie des montagnes appalachiennes des reliefs non éloignés de l'Océan Pacifique).

Et si l'on éprouve une déception en constatant les écarts possibles de  $A$ , même dans les cadres que nous qualifions d'homogènes : par exemple 100 à 150 pour les rivières cévennes et vivaroises les plus virulentes, on doit se dire que les écarts corrélatifs de  $Mq$  débit maximum spécifique, sont bien plus déroutants. Ainsi, dans le Cévennes, pour 2000 km<sup>2</sup>,  $A$ , là où il ne vaut pas plus de 100 (mais il peut avoisiner 140 pour l'Ardèche) fait 2230 lit. sec. par km<sup>2</sup>. Pour 200 km<sup>2</sup>,  $A$  porté à 150 donne 2120 m<sup>3</sup> soit 10.600 lit. sec. par km<sup>2</sup>. Pour  $A$  variant comme de 1 à 1,5  $Mq$  change comme de 1 à 4,75. En d'autres secteurs,  $A$  variant par exemple de 40 à 50 (Loire entre les environs du Puy et Cosne ou Gien) le maximum spécifique vaudra pour 1000 km<sup>2</sup> ou plus, 1580 lit. sec. par km<sup>2</sup>, et pour 35.000 km<sup>2</sup> ou moins 249 lit. sec. par km<sup>2</sup> soit 6,35 fois moins que pour 1000 km<sup>2</sup>. Le rapport corrélatif est 1,25 pour  $A$ . On voit l'avantage de ce coefficient pour des évaluations ou des appréciations rapides; quelle que soit la surface réceptrice, entre des chiffres extrêmes raisonnables qu'il faut évidemment savoir évaluer en gros selon les régions. Mais le choix corrélatif de chiffres-limites pour les maxima spécifiques est forcément moins facile et plus incertain.

Nous n'avons point l'intention de discuter ici longuement sur les mérites pratiques terrestres (ceux qui nous importent le plus de beaucoup) des divers coefficients <sup>(1)</sup>. On avertit seulement que pour les très petits bassins (moins de 100 et surtout de 50 km<sup>2</sup>) les valeurs expérimentales du coefficient  $A' = Q/S^{2/3}$  s'accordent bien mieux avec les chiffres trouvés pour 300 à 500 km<sup>2</sup> et plus que ce n'est le cas pour le coefficient  $A$ . Les valeurs expérimentales du dernier, trouvées pour 300 à 500 km<sup>2</sup> et plus donnent à l'issue des bassins très petits et exigus les plus arrosés, des débits bien trop forts lors des mêmes crues. Par contre  $A'$  encore plus qu' $A$  conduit à des débits excessifs pour beaucoup de grandes et très grandes surfaces réceptrices où les concordances généralisées manquent lors des crues.

Après avoir formulé ces remarques très incomplètes, nous examinerons et expliquerons les valeurs correspondant au coefficient  $A = Q/\sqrt{S}$  sur les rivières japonaises. Puis nous chercherons et commenterons quelques données comparatives à Madagascar et à la Réunion, et nous examinerons à leur sujet le coefficient  $A' = Q/S^{2/3}$ . Nous prenons les vues japonaises comme premier et principal sujet de notre étude pour deux raisons, ou si l'on veut pour deux intérêts ou deux prétextes.

Tout d'abord, l'Hydrologie nippone offre pour nous et sans doute pour beaucoup d'autres lecteurs européens, le prestige de la nouveauté. Car nous ignorions encore presque tout d'elle il y a peu de temps. Puis ce que nous avons appris depuis quelques années sur les débits maxima japonais ne nous laisse aucun doute sur leur formidable puissance. Et nous voulons tenir presque d'emblée une comparaison entre eux et les déluges des rivières du Texas, les plus terribles dans l'ensemble que nous connaissions jusqu'à ce jour, et sans doute effectivement les plus exorbitantes qui puissent avoir lieu dans le monde pour quelques centaines à 10.000 km<sup>2</sup> ou un peu plus.

<sup>(1)</sup> Nous avons composé sur ces problèmes un livre assez considérable. « Sur la puissance des crues en diverses parties du monde ».

Cet ouvrage occupera au moins 300 pages, avec une soixantaine de figures et une vingtaine de tableaux. Il doit être publié en Espagne grâce à la bienveillance des géographes de ce pays, mais en langue française.



# B — JAPON

## a) Données

Les plus grands bassins fluviaux japonais ont des surfaces totales médiocres : 15762 km<sup>2</sup> pour le Tone, 12254 km<sup>2</sup> pour le Shinano, 10.714 pour le Kitakami. Les données dont nous pouvons faire état <sup>(1)</sup> (tableau 1 et fig. 1) ne comportent aucun débit issu d'une surface supérieure à 9628 km<sup>2</sup> (Shinano). Et nous ignorons si pour les rares cours d'eau qui drainent des superficies un peu plus amples, les maxima formidables ou monstrueux à l'amont sont ou ne sont point en cours d'aplatissement.

## CRUES AU JAPON

TABLEAU 1

Rivière et Etale	S en km <sup>2</sup>	Q en m <sup>3</sup> sec.	q lit. sec. km <sup>2</sup>	$A = Q/\sqrt{S}$	$A' = Q/S^{2/3}$
Kitakami en septembre 1947	7.060	8.600	1.220	102	23,3
Tone en septembre 1947	5.802	17.000	2.900	223	53,6
Yodo en juillet 1953	8.400	8.650	1.030	94	20,9
Kiso en septembre 1938	4.894	12.500	2.550	179	42,8
Yoshino (plus grande crue redoutée)	3.652	15.000	4.140	248	63
Naka (?)	850	8.500	10.000	292	95
Tenryu — grande crue redoutée	4.880	11.130	2.280	159	38,6
Shinano — id —	9.628	9.000	935	91,5	19,5
Mogami — id —	6.522	7.000	1.064	86,5	20
Chikugo en Juin 1953	1.340	9.000	6.700	246	74
au barrage de Kusu	236	3.000	12.700	195	78
» » de Mannen	197,8	2.500	12.600	178	74
» » de Mikuma	1.010	5.500	5.460	173	54,5
» » d'Oishi	1.487	9000-10.000	6.390	234 à 259	69 à 77
» » d'Eri	1.906	9000-10.000	4.980	202 à 224	58,5 à 65
Bassin du Shirakawa-Fakeda	131,4	1.600	12.200	139,5	62
Barrages de Shimoïde	400	4.000	10.000	200	74
» » Hata	390	4.000	10.300	202	75
» » Hami Kawara	113,6	1.500	13.200	141	64
» » Hokishimo	73,4	1.400	19.100	163,5	79,6

(1) M. Le D. Ing. KOICHI AKI, Professeur à l'Université de Tokio, a bien voulu nous envoyer la publication suivante, rédigée en Anglais : *Rivers in Japan*, Rivers Bureau, Ministry of Construction, Tokyo, 1954, 26 × 17, 54 pages, illustration abondante. C'est notre principale source d'informations, excellente mais point assez détaillée pour nos désirs. En outre, nous avons trouvé les résumés de plusieurs très intéressantes études relatives à la crue du 26 Juin 1953 à Kiou Siou dans le recueil no 1, mai 1956 « *Reclamation and Amelioration* » de la Sté d'Agriculture du Japon, Faculté d'Agriculture à Tokyo.

Plus récemment, Monsieur Yutaka TAKAHASI, adjoint de Monsieur KOICHI AKI et chargé de cours d'Hydraulique et d'Hydrologie à la même Université, nous a fourni certains renseignements complémentaires en nous traduisant divers livres et mémoires relatifs aux crues japonaises.

The map illustrates the major river systems of Japan, showing their courses and tributaries across the four main islands: Hokkaido, Honshu, Shikoku, and Kyushu. Key cities and locations marked include Aomori, Sendai, Niigata, Tokyo, Nagoya, Osaka, Hiroshima, Fukuoka, and Nagasaki. Major river systems shown include the Tone River ( Tone River ), Arakawa River ( Arakawa ), Sagami River ( Sagami ), and others. The map also shows the surrounding seas and the Japanese archipelago's overall shape.

Fig. 1 - Principales rivières japonaises citées dans cet article. D'après le livre : Rivers in Japan.

## b) Très petits bassins

D'autre part nous ne disposons de chiffres applicables à de petites surfaces réceptrices (moins de 400 et de 200 km<sup>2</sup>).

Pour moins de 100 km<sup>2</sup> nous ne possédons qu'une indication précise<sup>(1)</sup> relative à un affluent du Shirakawa au barrage de Hokishimo. Là nous trouvons  $A = 163,5$  pour 73,4 km<sup>2</sup>. Pour établir une saine comparaison avec les 250 à 300 ou plus de la San Gabriel texienne, de la Pedernales, de la West Nueces, qui drainent des surfaces bien plus grandes, faudrait-il substituer ici à 163,5, 225 ou 250 ou plus ? Nous l'ignorons mais il s'est agi de toutes façons à Hokishimo d'une crue exorbitante<sup>(2)</sup>. La même opinion serait beaucoup plus contestable pour le barrage de Kamikawara (141 pour  $A$  au débouché de 113,6 km<sup>2</sup>) car nous doutons que l'ajustement compensateur conseillé par la médiocre étendue en question, rende  $A$  supérieur à 180. Par contre, on a 200 et 202 pour 400 et 390 km<sup>2</sup> dans le même bassin; puis dans celui du Chikugo (toujours lors du désastre de Juin 1953) 195, chiffre déjà monstrueux pour 236 km<sup>2</sup>, mais « seulement » 178 pour 197,8 km<sup>2</sup>, soit la limite entre nos deux catégories. Il faudrait peut-être pour ce dernier coefficient une majoration légère, afin qu'il prenne une signification plus exacte.

D'autre part, l'absence en notre documentation de chiffres applicables à d'autres petits bassins situés ailleurs qu'à Kiou Siou ne nous prouve point qu'à l'issue de telles surfaces, dans les domaines du Tone, et d'autres rivières de l'île principale, puis du Yoshino à Sikok, certains maxima n'ont point équivalu aux cataclysmes texiens. Cependant, nous croyons devoir admettre jusqu'à nouvel ordre que les records japonais, pour moins de 500 km<sup>2</sup>, n'égale point tout à fait les maxima maximorum relevés au Texas : 181,5 pour 194,5 km<sup>2</sup>; 237 pour 157,5; 225 pour 287 km<sup>2</sup>; 216 pour 222, etc... Mais c'est peut-être une hypothèse trop optimiste. Qui sait si les événements d'un avenir plus ou moins proche ne la démentiront pas ?

Et déjà les crues des ruisseaux et des rivièrettes lors du désastre d'Omura en juillet 1957 à Kiou-Siou (voir plus loin) ont dû être tout à fait exorbitantes.

## c) Bassins petits et moyens

Pour des bassins compris entre 850 et 5802 km<sup>2</sup>, le Texas doit conserver l'avantage, mais la chose est un peu plus incertaine dans notre esprit que la proposition précédente. Les 8500 m<sup>3</sup> à Naka, situé plus loin que le Tone au Nord-Est de Tokyo, pour 850 km<sup>2</sup>, à une date non précisée veulent 292 pour  $A$ . Cela n'égale point tout à fait les records de la San Gabriel, ni surtout celui de la West Nueces, après réduction du débit officiel d'abord accepté pour cette rivière. Cependant ce flot du Naka serait presque digne des grandes eaux texiennes. On peut qualifier de même le record du Tone en septembre 1947, à savoir 17.000 m<sup>3</sup> venant de 5802 km<sup>2</sup> et 223 pour  $A$  et la plus grande crue redoutée<sup>(1)</sup> sur le Yoshino, à savoir 15.000 m<sup>3</sup> pour 3652 km<sup>2</sup>, soit 248 pour  $A$ .

<sup>(1)</sup> Sur les modes de détermination (jaugeages, formules de rugosité ou de dénivellation brusques) employés pour les flots en question nous restons dans une certaine ignorance. Nous sommes bien mieux informés sur les maxima des crues états-uniennes. Mais rien ne nous prouve que les chiffres japonais susdits soient entachés d'exagération majeures, malgré la fréquence de telles inexactitudes dans la pratique courante de l'Hydraulique fluviale. A vrai dire, les *Annales Hydrologiques* japonais indiquent pour les débits maxima des crues (pour le Tone et le Chikugo, notamment) des chiffres inférieurs en général à ceux que nous avons trouvés dans « *Rivers in Japan* » et dont nous faisons état dans ce mémoire. Nous ignorons entre ces données quelles sont les meilleures.

<sup>(2)</sup> Dans notre livre plus haut annoncé sur les grandes crues, nous appelons « exorbitants » ou « monstrueux » les maxima représentés par 180 à 300 et plus pour les coefficients  $A$ ; 120 à 180 pour celui-ci, impliquent la qualification de « formidables ». Et celle de « très forte » est chiffrée par 60 à 120.

<sup>(1)</sup> Nous croyons comprendre entre les lignes que depuis un demi-siècle, on a déjà assisté à un phénomène presque aussi violent.

La néfaste supériorité des crues texiennes <sup>(1)</sup> se ferait un peu plus sentir par rapport à catastrophe du 26 juin 1953, dans Kiou-Siou sur le Chikugo. Les 9000 à 10.000 m<sup>3</sup> qu'aurait débité ce petit fleuve pour 1487 puis 1906 km<sup>2</sup> (soit 234 à 259 puis 202 à 224 pour A) sont en fonction de telles superficies, inférieurs d'au moins un cinquième aux chiffres texiens. Pourtant il s'est agi sur le Chikugo de débits effroyables, d'un déluge sans précédent connu, même d'homme. Les autres crues citées à notre tableau se révèlent moins énormes. Cependant celles du Tenryu (au sud-ouest de Shizuoka) et encore plus celle du Kiso (septembre 1911 à l'ouest de Nagoïa) (4880 et 4894 Km<sup>2</sup>) figurent parmi les phénomènes tout à fait remarquables. Imaginons 10.000 ou 12.000 m<sup>3</sup> au lieu de 2000 à 2250 pour le record de l'Isère à Grenoble.

Quant aux maxima actuellement chiffrés et venus de bassins supérieurs à 5802 km<sup>2</sup> et à 9628 (disons compris entre 6000 et 10.000 km<sup>2</sup>) leurs coefficients échelonnés de 86,5 à 100 désignent seulement comme très forts. Mais notre classification minimise le sens de ces deux mots, si l'on veut considérer la gravité effective des phénomènes et les ravages produits. Les records de la Kitakami (Nord-Est de Honshu), du Yodo (fleuve voisin d'Osaka) et de celles du Mogami qui passe à Yamagata et du Shinano qui aboutit aussi à la mer du Japon vers Niigata dans le Nord-Ouest de Honshu, inspireraient l'épouvante et resteraient mémorables à travers les siècles dans une grande partie des Etats-Unis et encore plus en Europe. Pour leur puissance intrinsèque, en effet, ces phénomènes ont dépassé ou égalé les cataclysmes de la Garonne à Toulouse en Juin 1875, de la Drina en Novembre 1896, du Jucar en Novembre 1864, et de la Miami en mars 1913.

Cartes, les hautes eaux des derniers fleuves nippons que l'on vient de citer sont loin de rivaliser avec les records fluviaux du Texas. Mais on aurait tort d'oublier que, pour main-tenir les rivières de cette dernière région, nous ne connaissons point de maxima égaux ou supérieurs à ceux du Shinano, du Yodo, du Mogami, etc... Puis l'avenir peut déchaîner dans telles ou telles de ces rivières nippones des gonflements comparables à ceux du Tone, du Yoshino, du Chikugo, etc...

En outre, il est fort possible qu'au Japon le pourcentage des rivières à crues funestes, soit plus élevé qu'au Texas. Et surtout, d'après ce que nous savons sur le régime des pluies et sur les maxima du Chikugo pendant une longue suite d'années, nous estimons probable que les très grandes ou grandes crues, égales par exemple à deux tiers ou à moitié des débits maxima connus, sont beaucoup plus nombreuses, sur chaque rivière, au Japon qu'au Texas.

Quoiqu'il en soit, les inondations sont un fléau effroyable dans les vallées surpeuplées de l'archipel Japonais. Et le relief très accidenté et les fortes pentes qui résultent <sup>(2)</sup> de la non seulement contribuent à l'énormité des débits, mais encore impliquent des courants d'une rapidité funeste, et des charriages démesurés certainement bien plus volumineux qu'au Texas de cailloux et de blocs, dont l'insertion au milieu des flots tourbillonnants et mugissants aggrave la malfaisance destructrice des phénomènes. En somme, quantité de rivières nippones sont comparables à l'Ardèche, ou des organismes pires avec des bassins plus étendus et des débits bruts et spécifiques supérieurs pour de mêmes surfaces réceptrices. Aussi ne s'étonnera-t-on point que

<sup>(1)</sup> Citons pour celles-ci quelques chiffres. San Gabriel le 10 septembre 1921, sans doute 14000 à 17000 m<sup>3</sup> venant de 2000 km<sup>2</sup>, soit 313 à 380 pour A; Pedernales à Johnson City, le 11 septembre 1921, 12450 m<sup>3</sup> pour 2450 km<sup>2</sup>, soit 252 pour A. West Nueces le 14 Juin 1935 : 12000 à 15000 m<sup>3</sup> pour 26200 km<sup>2</sup> pour 9100 km<sup>2</sup> soit A = 230 à 268.

<sup>(2)</sup> Le Japon, théâtre de crues fréquentes et sensationnelles, a un taux de boisement supérieur à 60%. Il est difficile de ne point penser que cela ne prouve guère une action protectrice très efficace de la forêt contre les inondations, lorsque celles-ci ont pour cause des pluies assez diluviennes, tombant sur le sol et une végétation gorgée ou chargée d'eau jusqu'à refus. D'ailleurs, le premier tiers ou qu'un tiers d'une averse formidable peut assurer ou compléter la saturation. Cependant, les taux Japonais de boisement ne sont point uniformes pour tous les bassins fluviaux. Il se peut que les régions les plus boisées, comme celles qui contiennent le plus de terrains perméables et doués d'une grande capacité de rétention durable émettent des débits maxima moindres que ne le font les autres zones du pays considérées. Ces influences mériteraient des études approfondies. Un point capital serait de savoir si la forêt conserve, lors des pluies les plus torrentielles, une fraction appréciable, en valeur relative, de pouvoir nettement modérateur qu'elle exercerait (selon nous) contre les averses ordinaires ou exceptionnelles très fortes, mais point excessives.



inondations aient fait périr ou aient blessé au Japon 9.119 personnes en 1947, 30.039 en 1948, 12.966 en 1950, 12.283 en 1953.

## 2 — LES PLUIES RESPONSABLES

### a) Quelques chiffres et suggestions

Les reliefs, les pentes et même les tracés les plus convergents des réseaux, ne suffiraient point à causer des crues exorbitantes, il est à peine besoin de le dire, si n'intervenaient point des averses remarquables. Ces intempéries se révèlent possibles dans une grande partie du pays, même du côté de l'Ouest mais surtout à l'Est et au Sud-Est, sur les versants inclinés vers l'Océan Pacifique. Par infortune, nous n'avons de renseignements assez précis sur beaucoup de ces précipitations que pour les chutes comptées en un jour officiel. Ces données sont d'ailleurs assez significatives pour nous expliquer la puissance des crues japonaises en général.

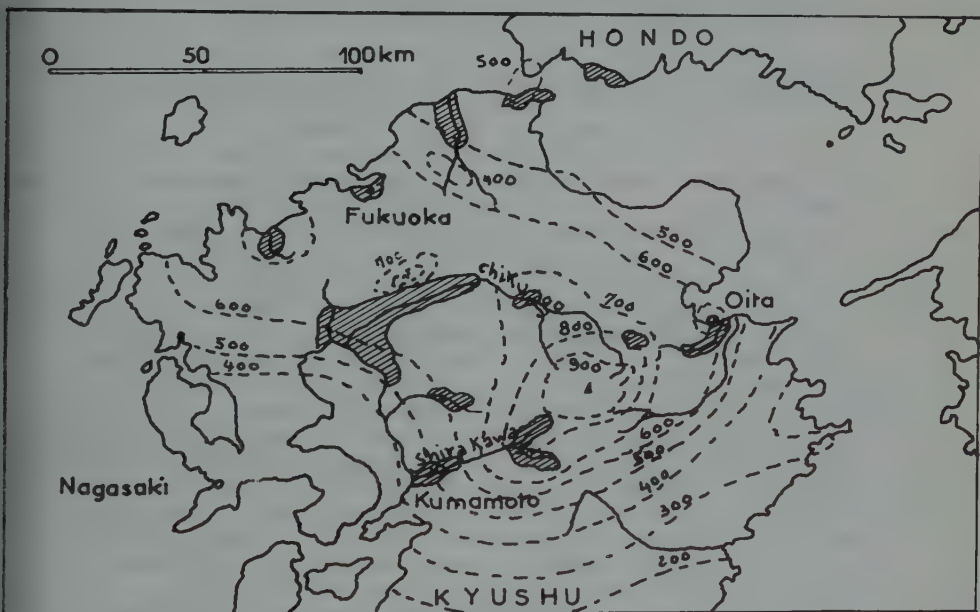


Fig. 2 — Pluie tombée sur Kiou-Siou en juin 1953 (mais pour plus de moitié en un jour) — D'après une article : Hachwasser und Hochwassersicherheit, du Prof. Grzywienski, dans Oesterreichische Wasserwirtschaft, Vienne 1954, n° 45.

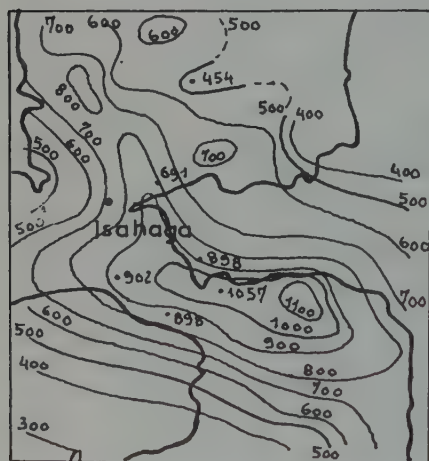
D'après une carte de l'ouvrage « Rivers in Japan » (voir plus haut) on a déjà relevé aux pluviomètres officiels, sur plus de la moitié du pays, plus de 200 millimètres en 24 heures. Et l'on connaît maints records locaux supérieurs à 400 millimètres. Selon un tableau de la même publication, les records ont atteint dans les bassins indiqués : 407 mm pour le Tone, 583 pour le Tenryu, 538 pour le Yodo, 557 pour le Yoshino, 434 pour le Chikugo. Les pluies responsables des très grandes crues ont fourni en peu de jours consécutifs, selon les lieux, 100 à 472 mm puis 67 à 382 en 1948 pour le Tone, 196 à 407 pour le Kiso, 147 à 527 pour le Yodo, 705 à 1149 pour le bassin plus petit du Chikugo (fig. 2) en Juin 1953.

Sur les causes pluviales de ce dernier événement nous avons trouvé dans le recueil *Recreation and Amelioration*, des précisions par malheur en partie contradictoires. Un rapport nous enseigne que dans le district d'Oguni, il serait tombé jusqu'à 1000 mm en un jour du 25 au 26. Si le chiffre est exact, il doit se rapporter à la somme de deux précipitations journalières officielles, séparées par l'heure de l'observation quotidienne, et tombées au total en 24 heures. Une deuxième communication ne nous signale qu'un maximum de 500 mm en 24 heures le 25 et d'après d'autres textes les maxima locaux quotidiens n'auraient pas dépassé 409 ou 392 mm. Peut-être chaque auteur ou groupe d'auteurs a-t-il relaté les pluies constatées dans un seul district de la région soumise à ce déluge.

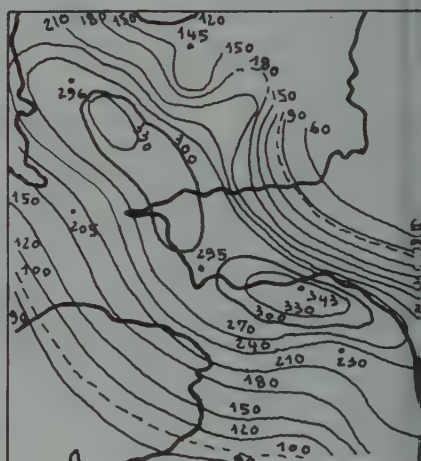
Même les moins imposants des maxima journaliers que l'on vient de citer sont encore formidables. Et, en réalité, de grandes fractions des totaux attribués conventionnellement à 1 ou 2 jours doivent s'être abattus en moins de 18 ou même de 8 à 12 heures. Sans qu'il y ait les débits maxima indiqués et discutés ici seraient sans doute malaisément justifiables.

Mais voici pire, à savoir peut-être la pluie la plus terrible relevée avec certitude au Japon. Elle eut lieu, dans le Nord-Ouest de Kiou-Siou vers Isahaya et Omura, les 25-26 juillet 1957 et fut (fig. 3) bien plus, concentrée dans l'espace et dans le temps que celle de Juin 1953, tombée sur toute la moitié septentrionale. On recueillit à Omura 730 mm en 24 heures, dont 650

### PLUIE TOMBEE AU JAPON VERS ISAHAYA-OMURA en juillet 1957



Précipitations du 25.9h. au 26.9h



Précipitations de 21h à 24h le 25

Fig. 3

12 h à 23 h le 25. Les chutes d'un jour atteignirent 988 mm à une station, 997 à une autre, 1057 à Moriyama, 1109 à Saigo, dont les cinq sixièmes peut-être en une douzaine d'heures.

Avant de connaître des détails sur ce phénomène, nous connaissions déjà pour Kiou-Siou des pluies horaires de 72,3 et 88 millimètres, et nous avions la certitude que des averses plus violentes encore étaient possibles dans l'archipel nippon. La pluie des 25-26 juillet 1957 à Kiou-Siou nous a prouvé la justesse de cette opinion. La précipitation maxima de 60 minutes à Omura fut, de 20h50 à 21h50 le 25, 140,5 mm. De 21h30 à 21h40, on releva 28 mi

mètres. Et les paroxysmes ont dû être encore plus furieux à Saïgo et aux autres stations les plus arrosées. Puis en trois heures, de 21 h à 24 h on a recueilli en deux foyers centraux accolés, 340 et 343 mm. Sans doute tomba-t-il encore plus d'eau en des points non pourvus de pluviomètres.

D'après ces données, et notre maigre documentation sur les débits émanant de très petites surfaces, nous soupçonnons que les paroxysmes pluviaux japonais de une à quelques heures, égalent peut-être les chiffres méditerranéens et indiens les plus redoutables, mais point les cloudbursts états-uniens et surtout texiens. Là-dessus encore aucune certitude. Cependant les crues japonaises, nous l'avons vu, seraient plus inférieures aux crues texiennes pour moins de 300 ou de 100 km<sup>2</sup> que pour 1000 à 6000. Et pour des averses identiques, le ruissellement devrait être plutôt supérieur au Japon, en raison de saturations efficaces plus fréquemment obtenues. Nous regardons en effet, cette particularité comme probable, car au Japon, les pluies moyennes de la saison chaude, grâce surtout à l'existence de reliefs condensateurs voisins de l'Océan, sont plus abondantes qu'au Texas.

Une autre indication, si elle correspond à une réalité d'ensemble, démontrerait un grave avantage de brutalité en une à quelques heures pour les pluies texiennes. Si terriblement rapides que soient (c'est l'opinion de tous les auteurs) les variations hydrométriques, en hausse comme en baisse, pour les rivières japonaises, cette célérité serait bien moindre <sup>(1)</sup> (par exemple 8 à 12 et 24 heures pour les montées décisives au lieu de 3 à 6 ou 8) à l'issue de bassins d'étendues comparables, que pour les rivières du Texas. Or, les montées fulgurantes, quasi instantanées en certaines phases, sont une preuve peu réfutable de concentrations pluviales frénétiques en peu d'heures. Mais nous n'avons point l'absolue certitude que cet indice ne se manifeste jamais, ou presque jamais, lors des cataclysmes nippons.

Enfin, en un jour ou 36 heures, les averses japonaises nous semblent être bien plus surabondantes dans leurs foyers centraux que maintes pluies indiennes, tout au moins que les averses génératrices des records à l'issue de 10.000 ou 20.000 km<sup>2</sup> et plus sur les grandes rivières indoganétiques ou du Dékan. Mais les dites précipitations hindoues fourniraient sur 30.000 ou 50.000 km<sup>2</sup> et plus, des lames d'eau moyennes plus épaisses que celles des précipitations japonaises désastreuses sur des surfaces analogues.

Ceci n'est peut-être qu'une fausse impression, suggérée par la rareté ou l'absence de bassins japonais assez grands où l'on pourrait vérifier plus de similitude avec les phénomènes indiens que nous croyons devoir considérer comme typiques. Et nous n'excluons point que, sur des ensembles de bassins juxtaposés totalisant plusieurs dizaines de milliers de km<sup>2</sup>, maintes averses japonaises à une seule phase puissent égaler leurs rivales indiennes ou chinoises. A vrai dire cela nous surprendrait quelque peu. Soit en raison d'une largeur moindre, pour les corps nuageux assaillants, soit parce que les surexcitations locales produites par les reliefs épuiserait partiellement les potentiels humides, en créant des maxima pluvieux orographiques très puissants, aux dépens des précipitations possibles au-delà de ces foyers, soit pour ces deux causes à la fois, ou pour d'autres, les pluies nippones nous paraissent décidément plus rageuses en leurs foyers, mais moins extensives, plus rapidement décroissantes de leurs centres paroxysmaux vers les périphéries que les averses indiennes.

L'avenir seul pourra enseigner à nos successeurs, sinon à nos émules contemporains et à nous-même, dans quelle mesure les opinions précédentes qui sont presque toutes des hypothèses, correspondent aux faits.

#### *b) Causes des pluies japonaises d'inondation*

Les averses japonaises diluviennes (sauf peut-être parfois vers les Côtes Nord-Occidentales) ont lieu en saison chaude. Elles sont dans le sens fréquemment indiqué, à propos des crues

<sup>(1)</sup> De 1944 à 1953 la durée moyenne des montées pour le Chikugo inférieur à Senoshita entre les côtes de 2,50 m à 6,50 m a été d'une quinzaine d'heures. Mais on ne nous dit point quel a été le temps de croissance avant le maximum du 26 Juin 1953 qui a coté 9 mètres.



indiennes, des pluies de moussons, ou tout au moins nous ne blâmons point qu'on les appelle de la sorte moyennant les expresses réserves suivantes qui restreignent fortement le sens de la dénomination susdite.

Pour provoquer ces pluies, il faut, outre « la » mousson, des perturbations atmosphériques qui sont de beaucoup les facteurs principaux : à savoir des dépressions, le plus souvent polaires tropicales, semble-t-il, lors des intempéries de la saison pluvieuse, dite des prunes (Baiu) depuis la fin de mai jusqu'au début de juillet (<sup>1</sup>). A la fin de l'été et au début de l'automne, les plus grands coupables paraissent être les cyclones tropicaux ou typhons, également terribles en de tels cas fréquents, par leurs vents dévastateurs et par leurs pluies torrentielles.

Mais nous ne savons point si, comme au Texas ou ailleurs dans le Sud-Est des Etats-Unis, des cyclones tropicaux dégénérés, avec faibles baisses barométriques et vents amoindris, ont le pouvoir de déclencher des averses ultra-calamiteuses.

Une chose nous paraît très probable en tout cas. Le Japon se trouve à des latitudes et dans une situation telle que les masses d'air thermiquement plus contrastées qu'en bien d'autres régions doivent s'y rencontrer assez fréquemment de même d'ailleurs que sur la moitié orientale de la Chine et sur la Corée. Les « fronts » atmosphériques qui opposent l'air chaud tropical extra humide émanant de l'Océan Pacifique et l'air polaire froid continental, doivent être dans ces parages, très énergiques et tranchés. Cela ne peut que surexiter la violence des pluies « Baiu » ou des averses, causées par les typhons.

## C — MADAGASCAR

Ainsi que nous l'avons annoncé, nous ne croyons pas inutile de faire ressortir la puissance des crues japonaises par quelques données comparatives autres que les coefficients relatifs aux crues texiennes.

Nous nous sommes longtemps demandé si les débits maxima à Madagascar n'étaient point terribles ? Certains l'affirmaient sans preuves. Nous avons maintenant des données positives grâce aux belles études prises en main par l'O.R.S.T.O.M. (<sup>2</sup>).

Déjà, grâce à des publications variées (<sup>3</sup>) nous savons que l'Ile pouvait subir des pluies graves, surtout grâce aux offensives de cyclones tropicaux assez fréquents. Dans les montagnes d'Ambre et de Sambirano tout à fait au Nord certains postes ont reçu en un jour jusqu'à 568, 508 et 567 mm. Ailleurs, les records connus n'ont point dépassé 380 mm. Cependant on peut envisager le risque d'averses beaucoup plus puissantes. Nous ignorons d'ailleurs les intensités possibles, dans des durées et sur des surfaces réceptrices croissantes. Les données hydrométriques futures, englobant bien plus d'années et de stations fluviales nous révéleront peut-être des maxima très supérieurs à ceux que l'on a pu évaluer jusqu'à présent. C'est rien de moins qu'une certitude. Et actuellement la crue la plus puissante que nous connaissions sur l'île, celle de mars 1959, sur la Rianila, près de Tamatave, à Brickaville, n'a point débité plus de 6300 m<sup>3</sup> pour 5900 km<sup>2</sup>, soit 82 pour A. Flot un peu supérieur certes aux cataclysmes de juin 1875 sur la Garonne à Toulouse (A = 70 à 75) et de mars 1930 sur le Tarn à Montauban et à Moissac (A = 60 à 64). En mars 1959 encore la Vohitra, voisine de la Rianila à Roge, a roulé 2950 m<sup>3</sup> pour 1950 km<sup>2</sup> soit 67 pour A. Or, les inondations de mars 1959, ont été signalées, à tort ou à raison, comme très peu communes.

Si l'on passe au seul grand bassin pour lequel nous ayons une indication très intéressante on trouve le 9 janvier 1956 sur le Mangoky à Banian, 14.340 m<sup>3</sup> pour 53.900 km<sup>2</sup> (soit 82 pour A).

(<sup>1</sup>) La pluie-record d'Omura les 25-26 juillet 1957 fut aussi du type Baiu. Le désastre de septembre 1947, sur le Tone, et beaucoup d'autres inondations ont eu les typhons pour cause.

(<sup>2</sup>) Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer. Cf. les *Annuaires hydrologiques de la France d'Outre-Mer*, élaborés sous la direction de Monsieur l'Ingénieur en chef J. RODIER; par diverses publications du Service, dont certaines publiées en tête desdits *Annuaires*.

(<sup>3</sup>) Cf. PELLERAY H, Ingénieur hydrologue à l'O.R.S.T.O.M., quelques données de base en vue de l'étude des régimes hydrologiques de Madagascar, Paris, Mai 1953, 19 x 27 cm, 64 p.



A = 62). Le Tone aurait déjà débité 17.000 m<sup>3</sup> pour 5.802 km<sup>2</sup>, le Yoshino 13.000 ou 14.000 pour 3.652. Tant qu'on ne nous présentera point pour Madagascar des débits bien plus catastrophiques, nous estimerons que les crues possibles dans la grande île sont non point médiocres, mais pas du tout exorbitantes, ni même formidables, et en tout cas, qu'elles demeurent incomparablement moindres que les gonflements des rivières nippones. Si cela se confirme, la cause principale serait le fait d'intensités pluviales moins sévères, en quelques heures à Madagascar qu'au Japon.

## D — ILE DE LA REUNION

En revanche ce que nous avons appris des pluies et des crues possibles à l'île de la Réunion dépasse même les idées les plus craintives que nous avons sur les phénomènes. Nous savions certes, que des pluies voisines de 1000 millimètres en un jour pouvaient parfois atteindre certaines stations en ce territoire, lors des ouragans tropicaux. Mais nous savons depuis quelques années grâce aux belles observations du Service forestier <sup>(1)</sup> que des chutes d'eau de cette puissance n'étaient point rares.

Lors du cyclone épouvantable et meurtrier des 26-27 janvier 1948, on a recueilli à une station 936 mm en un jour dont 626 en une nuit; et au poste dit du Grand Bassin, 1130 mm en un jour. En janvier 1951, il tomba 1074 mm en un jour à Mafate. Puis lors du cyclone de mars 1958, il se serait abattu à Aurère, vers Mafate, 1315 mm le 18 puis 718 le lendemain. Moins de trois semaines plus tard, un ouragan a causé des pluies encore plus fantastiques au même point; 1583 mm le 8 avril, 884 le lendemain, 3422 en 4 jours. Le Bras Sec reçut 1275 mm en 24 heures. Mais la pluie la plus exorbitante observée à la Réunion en un jour a eu lieu les 17-18 mars 1952. Elle a donné 1870 millimètres. Ce chiffre presque incroyable <sup>(1)</sup> est le record du monde pour un jour avec une très grande supériorité sur toutes les autres averses connues de nous.

Cependant nous ignorons si les concentrations pluviales en une à quelques heures, à la Réunion, sont aussi exceptionnelles que les totaux de un à quelques jours. Notre esprit, peut-être bien audacieux dans son scepticisme, penche plutôt vers l'opinion contraire. Certes en deux heures, le 8 avril 1958, la station de Bras Sec reçut 200 mm (14 à 16 heures), puis 225 entre 16 et 18 heures. Or, le total journalier en ce point quoique stupéfiant est très inférieur aux pluies-records chiffrées ci-dessus. Une simple considération, peut-être valable de proportionnalité, laisse supposer qu'il peut tomber à la Réunion, durant une heure, 150 à 180 mm en un point, et des averses moyennes moindres évidemment sur quelques dizaines de km<sup>2</sup>. Les précipitations diluviennes paraissent ici particulièrement différenciées par les reliefs, dont la saillie brutale en travers des effrayants afflux de vapeurs charriés par les ouragans, doit concourir pour beaucoup à l'énormité des pluies de un à quelques jours.

Pourtant, aucun indice jusqu'à présent ne semble prouver que dans l'île, les précipitations de courte durée en une à quelques heures puissent égaler en furie certains cloudbursts états-uniens, beaucoup plus rares à vrai dire en un lieu donné que les déluges de la Réunion.

Considérons cependant les effets hydrologiques. Nous en connaissons quelques-uns, très révélateurs. Et contrairement à ce qu'on pourrait craindre, les chiffres énormes en question sur les débits maxima, ne semblent point du tout fantaisistes malgré les difficultés des mesures directes, ou des calculs avec formules de l'Hydraulique pour des courants aussi torrentiels. On a en effet, sous des trombes d'eau, relevé des vitesses superficielles en suivant les déplace-

<sup>(1)</sup> Les chiffres en question nous ont été communiqués avec une extrême obligeance par M. l'Inspecteur général des Eaux et Forêts, Messines du Sourbier. Beaucoup d'observations hydrométéorologiques ont été faites dans le cadre de l'O.R.S.T.O.M. sous la direction de M. Touchbeuf de Lusigny, ingénieur hydraulicien.

<sup>(2)</sup> Il nous a été confirmé après une enquête très sérieuse par Monsieur Bouverot, actuellement ingénieur des Eaux et Forêts à Annecy, naguère chef de Service à la Réunion. Et M. Garnery chef de district à Cilaos a écrit à Monsieur Bouverot pour lui certifier l'exactitude de la pluie en question.

ments des épaves. Puis les détails numériques de certaines évaluations nous paraissent avoir été établis avec une réelle prudence et beaucoup de minutie.

Or, en mars 1958, le ruisseau appelé Bras des Etangs, près de Cilaos aurait débité 135 m<sup>3</sup> pour 1,9 km<sup>2</sup> (avec dénivellation de 3069 m à 1130 m depuis la source). Le débit spécifique correspondant serait 71 m<sup>3</sup> sec. par km<sup>2</sup>. Nous estimons qu'il peut être en gros authentique et explicable, surtout si l'on admet qu'il comportait (chose pas impossible) 10 à 20% de matériaux solides. Une pluie de 75 à 90 mm en vingt minutes justifierait ce maximum. Et une précipitation point irréalizable sans doute de 150 à 180 mm en une heure a pu comporter une telle concentration dans le temps.

Ne retenons point à propos de ce débit la valeur de  $A$  qui aurait ici une signification trop fautive, vue l'exiguïté du bassin. En effet, on obtient pour ce paramètre, 98. Il faudrait multiplier par 2 ou 2,5 pour qu'il ne sous-estime point la crue. Nous allons donc retenir pour elle au coefficient  $A' = Q/S^{2/3}$ ; 135 m<sup>3</sup>  $A' = 88$ .

Puis on a les autres résultats suivants :

	Date	$S$ km <sup>2</sup>	$Q$ M <sup>3</sup> sec.	$q$ ls/km <sup>2</sup>	$A$	$A'$
Rivière des Roches	mars 1952	20,5	750	36600	165,7	100
Grand Bras	— id —	7,6	300	39500	108,9	77
Rivière des Galets	Avril 1958	105	1840	17500	179	83
Bras de Cilaos	— id —	97	1700	17500	176	80

Les coefficients  $A$ , pour toutes ces rivières, sauf pour le Grand Bras à la surface réceptrice infime, ne sous-estiment point trop outrageusement la violence des phénomènes. Mais là encore  $A'$  est bien plus sincère. Ses valeurs correspondent bien à la qualification « exorbitante » non seulement « formidable » pour les cataclysmes en question.

### E — COMPARAISONS DIVERSES AVEC L'AIDE DE $A'$

Et pour aucune rivière du Japon nous ne trouvons de chiffres aussi élevés (70 à 79,5 pour la catastrophe de Juin 1953 à Kiou-Siou <sup>(1)</sup>) sauf sur le Naka dont une crue aurait représenté 95 pour  $A'$ . Mais ce débit était-il suffisamment authentique ? Nous éprouvons aussi un léger doute pour la pointe de la Mangakotukutuku en Nouvelle Zélande en février 1938 (685 pour 18,7 km<sup>2</sup>, soit 97 pour  $A'$ , valeur très proche de celles que nous examinons ici pour la Rivière des Roches).

Et puisque nous entreprenons de nouvelles comparaisons, il nous faut bien revenir aux rivières du Texas, championnes du Monde, avons-nous dit pour les crues. Examinons maintenant celles les coefficients  $A'$ .

Celui-ci atteindrait 88 à 107 pour 2000 km<sup>2</sup> de la San Gabriel en septembre 1921 ; pour 157,5 d'un affluent de la Llano en juillet 1932 ; 92 à 120 pour le Seco Creek (396 km<sup>2</sup>) le 31 mai 1935 ; puis 159 pour 1040 km<sup>2</sup> de la West Nueces le 14 Juin 1935, mais ce chiffre

(1) Cependant lors du désastre assez localisé d'Omura et d'Isahaya à Kiou-Siou encore, en juin 1953, les crues de maints ruisseaux et de rivièrettes, pour quelques km<sup>2</sup> et quelques dizaines de km<sup>2</sup>, ont représenté des valeurs immenses. Peut-être 80 à 100 pour leurs coefficients  $A'$ . Mais là-dessus nous n'avons peut-être encore aucune documentation.

nous semble vraiment suspect <sup>(1)</sup>. Un débit de 12.000 m<sup>3</sup>, au lieu du chiffre proposé de 16400 m<sup>3</sup> en la circonstance serait déjà hallucinant (372 pour  $A$ , 117 pour  $A'$ ).

Lors des crues méditerranéennes d'Europe, nous trouvons 81,2 pour  $A'$  sur l'Orba au Nord de Gênes, le 13 août 1935 (2200 m<sup>3</sup> pour 141 km<sup>2</sup>); 78 pour 135 km<sup>2</sup> de l'Ancinale en Calabre, le 22 novembre suivant peut-être autant sur 2 ou 3 petites rivières des Pyrénées-Orientales en octobre 1940.

Ces chiffres laissent apparaître à première vue moins de supériorité exorbitante que nous l'avions cru pour les crues texiennes records. En réalité ces derniers phénomènes reprennent à nos yeux un écrasant avantage si nous considérons le fait crucial que voici. Les surfaces réceptrices auxquelles s'appliquent nos chiffres sont sensiblement plus grandes pour le Texas, et d'ailleurs aussi pour le Japon, que pour la Réunion. Or  $A'$  quoique bien plus stable que  $A$  pour moins de 300 ou de 200 km<sup>2</sup> et surtout de 50 km<sup>2</sup> n'a point encore une signification assez homogène pour toutes les surfaces réceptrices, même au-dessous de quelques milliers de km<sup>2</sup>.

Il diminue visiblement quelque peu de l'amont vers l'aval pour des crues ayant les mêmes violences relatives partout. Et nous pouvons assez justement admettre que 80 à 110 pour  $A'$  à l'issue de 300 à 2000 km<sup>2</sup> représentent des maxima un peu plus monstrueux que ne le font les mêmes valeurs pour 100 km<sup>2</sup> et moins. D'autre part notre comparaison souffre beaucoup de ne pouvoir englober pour la Réunion <sup>(1)</sup>, des bassins supérieurs et de beaucoup à 105 km<sup>2</sup>.

Malgré diverses incertitudes nous inclinons assez à l'opinion que pour quelques centaines à quelques milliers de km<sup>2</sup> à la fois, les pluies ont des chances d'avoir plus de brutalité forcenée en une à quelques heures, au Texas que dans n'importe quelle autre région terrestre. Mais l'énorme supériorité des chutes pluviales en un à quelques jours à la Réunion nous suggère à peu près la certitude que dans cette île, lors des crues, les débits varient aux environs des maxima, de façon bien moins foudroyante qu'au Texas. Les très hautes eaux doivent être à la Réunion bien plus soutenues, soit qu'elles comportent de très longues étales, soit plutôt que se succèdent sur chaque petit cours d'eau, en un à quelques jours, plusieurs poussées (chacune produite par un bref paroxysme pluvieux), s'érigeant en dents de scie au-dessus d'un véritable socle continu de très gros débits.

## CONCLUSION

Cependant, il existe ailleurs dans le monde, en Océanie et en Indonésie, notamment, une foule de rivières grandes et petites dont nous ignorons les crues possibles. D'après certains indices nous avons la conviction ou même la preuve que celles-ci peuvent être formidables. Sans doute en divers endroits (pourquoi pas dans l'Île Maurice par exemple ?) méritent-elles l'épithète d'exorbitantes. Nous espérons que dans un avenir point trop éloigné, on aura sur ces phénomènes des données précises nombreuses, grâce auxquelles on pourra largement étendre les comparaisons qui font le principal intérêt des études géophysiques.

Maurice PARDE

<sup>(1)</sup> Les ingénieurs américains ont pourtant fait le calcul avec beaucoup de précaution. Et l'on peut se demander si le maximum de 16400 m<sup>3</sup> n'est pas en gros exact, mais factice parce que très accru par un phénomène d'Hydraulique fluviale : à savoir un chevauchement du maximum en cours de route sur des débits bien plus lents cheminant près de l'aval.

### III BIBLIOGRAPHY

A reference book describing recent knowledge and techniques pertaining to snow hydrology has been published and is offered for sale to the public by the Office of Technical Services, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. This report prepared by the U.S. Army Engineer Division, North Pacific, Portland, Oregon, June 30, 1956, summarizes the work of comprehensive snow investigations that were initiated cooperatively by the U.S. Army Corps of Engineers and the U.S. Weather Bureau in 1945. The report outlines an engineering approach to snow hydrology and also presents information on the theory of fundamental relationships involved as well as the derivation and application of methods and procedures.

The book covers deposition and distribution of the snowpack and the depletion of snow cover, evaluation of the hydrologic water balance of basins where appreciable snow occurs, the physics of snowmelt, the storage and transit of liquid water in the snowpack, and methods for estimating rates of stream flow and volumes of runoff in basins where snow affects these quantities. Although the information was derived mainly from studies of mountainous areas in the Western United States, the basic relationships derived are applicable to all areas where snow is of appreciable hydrologic concern.

The book, «Snow Hydrology», PB 151660, U.S. Army Corps of Engineers, 621 pages, may be ordered from the Office of Technical Services, U.S. Department of Commerce, Washington 25, D.C. The price is \$ 8.00 including foreign postage. Drafts should be made payable to the Office of Technical Services.



# PUBLICATIONS DE L'A. I. H. S.

encore disponibles

## I. COMPTES-RENDUS ET RAPPORTS

Publ. n° 3 — 1926 — Notes et communications	50	F Belges
Publ. n° 6 — Rapports sur l'état de l'hydrologie	25	»
Publ. n° 7 — Id.	25	»
Publ. n° 8 — Id.	25	»
Publ. n° 9 — 1927 — Note et communications	50	»
Publ. n° 13 — 1930 — Réunion du Comité Exécutif	25	»
Publ. n° 14 — 1930 — Commission des Glaciers	25	»
Publ. n° 15 — 1930 — Rapports italiens : Stockholm	50	»
Publ. n° 17 — 1931 — Communications à Stockholm	50	»
Publ. n° 18 — 1930 — Réunion de Stockholm	25	»
Publ. n° 19 — 1931 — Etudes diverses	75	»
Publ. n° 21 — 1934 — Réunion de Lisbonne	50	»
Publ. n° 23 — 1937 — Réunion d'Edimbourg (Neiges et Glaces)	300	»

### *Assemblée d'Oslo 1948*

Publ. n° 28 — Résumé des rapports	25	»
Publ. n° 29 — Tome I — Potamologie et Limnologie	200	»
Publ. n° 30 — Tome II — Neiges et Glaces	200	»
Publ. n° 31 — Tome III — Eaux Souterraines	200	»
Les 4 tomes ensemble	550	»

### *Assemblée de Bruxelles 1951*

Publ. n° 32 — Tome I — Neiges et Glaces	300	»
Publ. n° 33 — Tome II — Eaux Souterraines et Erosion	250	»
Publ. n° 34 — Tome III — Eaux de Surface	350	»
Publ. n° 35 — Tome IV — Symposia sur Zones Arides et crues	125	»
Les 4 tomes ensemble	900	

### *Assemblée de Rome 1954*

Publ. n° 36 — Tome I — Erosion du Sol, Précipitations, etc.	300	»
Publ. n° 37 — Tome II — Eaux Souterraines	450	»
Publ. n° 38 — Tome III — Eaux de surface	425	»
Publ. n° 39 — Tome IV — Neiges et Glaces	375	»
Les 4 tomes ensemble	1350	»

### *Symposia Darcy — Dijon 1956*

Publ. n° 40 — Evaporation	100	»
Publ. n° 41 — Eaux souterraines	250	»
Publ. n° 42 — Crues	300	»
Les 3 tomes ensemble	550	»

### Assemblée de Toronto 1957

Publ. n° 43 — Erosion du sol — Précipitation	300	»
Publ. n° 44 — Eaux souterraines — Infl. Végétation — Rosée	300	»
Publ. n° 45 — Eaux de surface — Evaporation	300	»
Publ. n° 46 — Neiges et Glaces	300	»
Les 4 tomes ensemble	1100	»
Publ. n° 47 — Symposium de Chamonix. Physique du mouvement de la glace	300	»
Publ. n° 48 — Symp. Hannoversch Münden. Eau et Forêts	300	»
Publ. n° 49 — Symp. Hannoversch Münden. Lysimètres	150	»

## II. BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIQUE

1934 (Egypte, France, Indes, Italie, Lettonie, Maroc, Pays Baltes, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Tunisie, Pologne — en 1 vol.

100 F Belges

<i>Argentine</i>	<i>Pays-Bas</i>	<i>Japon</i>
début à 1954 — 25 FB.	1934 — 20 FB.	1935 — 20 FB.
	1935-1936 — 35 FB.	1936 — 10 FB.
	1937 — 20 FB.	
	1938-1947 — 30 FB.	
<i>Allemagne</i>	<i>Portugal</i>	<i>Maroc</i>
1936 — 25 FB.		1935-1936 — 10 FB.
1937 — 20 FB.		
1945-1949 — 30 FB.	1924-1954 — 40 FB.	
1950 — 30 FB.		
1951 — 35 FB.	<i>Afrique du Sud</i>	<i>Pologne</i>
1952 — 35 FB.	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 20 FB.
1953 — 35 FB.		1936 — 25 FB.
1954 — 35 FB.	<i>Autriche</i>	1937 — 20 FB.
1955 — 35 FB.	1934 — 10 FB.	1938 — 20 FB.
	1935 — 10 FB.	1945-1948 — 35 FB.
	1936 — 10 FB.	1949 — 30 FB.
	1945-1955 — 30 FB.	1950 — 30 FB.
		1951 — 30 FB.
		1952 va paraître
		1953 — 30 FB.
		1954 — 30 FB.
		1955 — 30 FB.
		1955 — 30 FB.
<i>Egypte</i>	<i>Bulgarie</i>	<i>Australie</i>
début à 1954 — 10 FB.	1935 — 10 FB.	1937 — 10 FB.
	1936 — 10 FB.	
	1937 — 10 FB.	
	<i>Espagne</i>	<i>Belgique</i>
	1940-1950 — 25 FB.	1935 — 10 FB.
	1951-1952 — 10 FB.	1936 — 10 FB.
		1937 — 20 FB.
		1938-1947 — 40 FB.
		1948-1952 — 30 FB.
		1952-1957 va paraître
<i>Italie</i>	<i>France</i>	
1935-1936 — 20 FB.	1935-1936 — 25 FB.	
1937-1953 — 30 FB.	1937 — 15 FB.	
	1938 — 15 FB.	
	1946-1951 — 20 FB.	
	1952 — 20 FB.	
	1953-1955 — 30 FB.	
<i>Lithuanie</i>		
1935-1938 — 40 FB.		

<i>Danemark</i>	<i>Norvège</i>	<i>Tchécoslovaquie</i>
1937-1947 — 20 FB.	1940-1950 — 20 FB.	1935 — 25 FB.
		1936 — 25 FB.
<i>Esthonie</i>	<i>Suède</i>	1937 — 25 FB.
		1938 — 40 FB.
1936-1938 — 25 FB.	1935-1936 — 10 FB.	1939 — 35 FB.
	1937 — 10 FB.	1940 — 35 FB.
<i>Grande-Bretagne</i>	1939-1947 — 20 FB.	1941 — 30 FB.
	1948-1952 — 15 FB.	1942 — 35 FB.
1936-1937 — 20 FB.		1956 — 40 FB.
	<i>Suisse</i>	1957 — 40 FB.
<i>Indes</i>	1939-1947 — 30 FB.	<i>Yougoslavie</i>
1936-1952 — 60 FB.	1948-1952 — 30 FB.	
	1952-1954 — 30 FB.	du début à 1954-20 FB.
<i>Irlande</i>		<i>Hongrie</i>
1934-1949 — 10 FB.		1945-1954 — 50 FB.
<i>Lettonie</i>		<i>Israël</i>
1934-1938 — 30 FB.		1945-1949 — 20 FB.
		1949-1955 — 25 FB.

### III. BULLETIN DE L'ASSOCIATION D'HYDROLOGIE

Ce bulletin paraît quatre fois l'an depuis 1952. Il comprend une partie réservée à l'information et une partie scientifique.

Prix de l'abonnement : 150 FB.

#### IV. PUBLICATIONS DIVERSES

1. Quelques études présentées à Washington 1939		50 F Belges
2. Etudes présentées à la Conférence de la Table Ronde sur la possibilité d'utilisation des laboratoires d'hydraulique pour les recherches hydrologiques	75	»
3. Crues de 1954 — 1 publ. autrichienne 1 publ. allemande }	75	»
4. Rapports de l'Inde au Symposium Darcy à Dijon	50	»
5. Classification décimale hydrologique en Pologne	25	»

# Forges de la Providence

Société anonyme au capital de 1.904 millions de francs  
**SIEGE SOCIAL: MARCHIENNE-AU-PONT (Belgique)**  
Capacité de production d'acier : 1.300.000 tonnes par an

●

## **USINES A MARCHIENNE-AU-PONT :**

Fours à coke, hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

## **USINES A FONTAINE-L'EVEQUE (Belgique)**

Tréfileries.

## **USINES A REHON (Meurthe-et-Moselle, France)**

Hauts fourneaux, aciérie Thomas, aciérie électrique, laminoirs, fonderies.

## **USINES A HAUTMONT (Nord-France)**

Aciérie Martin, laminoirs, tôlerie, fonderies.

●

*Agence à PARIS : 14, rue de la Pépinière (VIII<sup>e</sup>)*

*Dépôts à BRUXELLES : 36, quai des Charbonnages*

*LILLE : 190, rue de la Bassée*

●

**La vente des produits de la Société est confiée en Belgique :**

**au Comptoir des Aciéries belges à Seraing**

pour le matériel de voie lourd;

**à l'Union Commerciale de Sidérurgie « UCOSIDER »,**

**60, rue Royale, à Bruxelles**

pour les autres produits sidérurgiques;

**aux Forges de la Providence, Division Tréfilerie, à Fontaine-l'Evêque**

pour les produits tréfilés;

**à l'Usine de Marchienne-au-Pont**

pour les sous-produits.





since 1865

## Meteorological Instruments

for barometric pressure  
temperature  
humidity  
wind  
precipitation  
evaporation  
radiation of sun and sky

## Hydrological Instruments

water level recorders: float gauges  
pneumatic gauges  
electrical remote recorders

*Catalogue material on request*

**R. FUESS** Precision Instrument Manufacturers

Berlin-Steglitz, Düntherstrasse 8 (American Sector)

## WATER DEVELOPMENT CORPORATION CONSULTANTS IN GROUND-WATER HYDROLOGY WORLDWIDE

Leonard C. HALPENNY  
President

3938 Santa Barbara Avenue  
Tucson, Arizona, U.S.A.  
Tel.: EAst 6-1133  
Cable: WADEVCO, Tucson

## **ON THE USE OF ANALOGY IN THE STUDY OF HYDROLOGIC PROBLEMS**

«A promising field of application for electronic computers involves the dynamic routing of water flow in drainage basins from the first raindrops to final torrents.

«Not only can analog machines aid in the generalized study of such problems, but more dramatically they permit simulation of vast river systems on a real time or accelerated basis, for flood prediction and water control purposes. Alternative storage operations may then be explored at will (especially on fast time) and the most effective, yet safe, operation be undertaken. Other uses of computers for hydraulic design and flood damage frequency analyses are also being explored.»

The above paragraphs are from the foreword to the section on «Computer Techniques in Hydrology» from *A Palimpsest on the Electronic Analog Art*, a collection of papers on the nature and applications of Electronic models. This useful book is available from Philbrick for \$ 1.15 postpaid.

Have you considered the application of Electronic Analog Computers to the solution of *your* problems? Write for the free Philbrick catalog.

**GEORGE A.  
PHILBRICK  
RESEARCHES, INC.**

**285 Columbus Avenue, Boston 16, Mass., U.S.A.**

**The Analog Way is the Model Way**









